

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

**PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI
TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN
GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA**

MUHAMMAD QONIEK YAFY B.
NRP. 3113 041 094

Dosen Pembimbing
MOHAMAD KHOIRI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

PROGRAM DIPLOMA EMPAT TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

**PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI
TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN
GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA**

**MUHAMMAD QONIEK YAFY B.
NRP. 3113 041 094**

**Dosen Pembimbing
MOHAMAD KHOIRI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001**

**PROGRAM DIPLOMA EMPAT TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT - RC146599

**COMPARING OF DESIGN AND IMPLEMENTATION
BETWEEN DRIVEN PILE FOUNDATION AND BORE
PILE FOUNDATION ON GRAND SINGKONG LAGOON
APARTMENT PROJECT SURABAYA**

**MUHAMMAD QONIEK YAFY B.
NRP. 3113 041 094**

**Supervisor
MOHAMAD KHOIRI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001**

**CIVIL INFRASTRUCTURAL ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
pada
Program Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :



Muhammad Qoniek Yafy B.

NRP. 3113 041 094

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

01 AUG 2017



Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D

NIP. 19740626 200312 1 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/5/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Perbandingan Desain dan Pelaksanaan Antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Tiang Bor pada Pembangunan Apartement Grand Sungkono Lagoon Surabaya		
Nama Mahasiswa	Muhammad Qontek Yufy B	NRP	31130410941
Dosen Pembimbing 1	M. Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP 19740626 200312 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Model Analisa Struktur pile cap 2. 2 Perhitungan pembebanan pile cap 3. Penegasan pile cap dengan desain paksa 4. Perbandingan SAP dan Manual perhitungan	 Ir. Murnarus Suluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003
1. Model Analisa Perencanaan 2. Perbandingan Analisa Struktur Perencanaan 3. Basisan manual & digital	 Ir. Sungkono, CES. NIP 19591130 198601 1 001
Catatan Revisi 1. Metode Pembebanan & Analisa Struktur (Perencanaan & 2. 2 Perhitungan daya dukung tang 3. 3 Perencanaan tang (Perencanaan) 4. Daya dukung ultimate 5. Distribusi gaya dan Perencanaan tang 6. Perhitungan geser dan Momen Pile cap (Manual) 7. Perhitungan geser dan Momen 8. Sistem Struktural Jarak 9. Dengan Beragam metode Kajian 10. Sumber data dan tenaga 11. Perencanaan Analisa Struktur pile cap 12. Syarat & kelas dan perencanaan yg diperlukan	 M. KHOIRI NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI					
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
 Ir. Murnarus Suluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003	 Ir. Sungkono, CES. NIP 19591130 198601 1 001	NIP -	NIP -	 M. Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP 19740626 200312 1 001	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Muhammad Qoniek Yafy 2
NRP : 1 3113 041 094 2
Judul Tugas Akhir : Perbandingan Desain dan Pelaksanaan antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Tiang Bor pada Pembangunan Apartemen Grand Sunkono Lagoon Surabaya
Dosen Pembimbing : Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	18/12	D.O. Tg.				
		GRAATIGAH				
				B	C	K
2	18/12	- Borotik dari CPT		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Borotik PD Kuyukh.				
		- Grafik Smd.				
		- Gambar dipisah				
		Bor 100 - 80 cm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Panc. 17				
3	26/12	- Glebaitur		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		-				
4	24/12	- Libras tabel.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	23/12	- DMC				
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Tertinggal dari jadwal

**PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI
TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN
GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA**

Nama : Muhammad Qoniek Yafy B.
NRP : 3113041094
Dosen Pembimbing : Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.
NIP. : 19740626 200312 1 001

ABSTRAK

Saat ini pondasi tiang pancang sedang populer digunakan seperti pada proyek pembangunan gedung bertingkat tinggi maupun pilar dan abutment pada jembatan serta pada dermaga lepas pantai. Hal ini karena tiang pancang memiliki daya dukung yang baik. Namun pada pelaksanaannya pondasi tiang pancang menimbulkan beberapa permasalahan seperti getaran dan kebisingan yang mengganggu kegiatan di sekitarnya. Getaran yang diakibatkan oleh proses pemancangan ini juga dapat mempengaruhi kepadatan tanah disekitarnya. Berbeda dengan pondasi tiang pancang, pada pelaksanaannya pondasi tiang bor tidak menimbulkan getaran yang mengganggu.

Tugas akhir ini bertujuan merencanakan pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Pondasi tiang pancang yang direncanakan adalah berdiameter 60 cm dan 80 cm. Sementara untuk pondasi tiang bor adalah berdiameter 80 cm, 100 cm dan 120 cm. Hasil akhir dari perencanaan ini adalah gambar perencanaan dan rencana anggaran biaya. Untuk tiang pancang D60 pada kedalaman 52 m dengan jumlah 476 titik tiang dan biaya Rp25.664.632.225. Untuk tiang pancang D80 pada kedalaman 58 m dengan jumlah 308 titik tiang dan biaya Rp27.945.960.313. Untuk tiang bor D80 pada kedalaman 70 m dengan jumlah 252 titik tiang dan biaya Rp21.829.636.539.

Untuk tiang bor D100 pada kedalaman 70 m dengan jumlah 209 titik tiang dan biaya Rp28.175.442.795. Dan untuk tiang bor D120 pada kedalaman 70 m dengan jumlah 170 titik tiang dan biaya Rp32.928.042.244.

Kata kunci : Pondasi Tiang Pancang, Pondasi Tiang Bor.

**COMPARING OF DESIGN AND IMPLEMENTATION
BETWEEN DRIVEN PILE FOUNDATION AND BORE
PILE FOUNDATION ON GRAND SUNGKONO LAGOON
APARTMENT PROJECT SURABAYA**

Name : **Muhammad Qoniek Yafy B.**
NRP : **3113041094**
Supervisor : **Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.**
NIP. : **19740626 200312 1 001**

ABSTRACT

Currently driven pile foundation is popularly used as in high-rise building projects or pillars and abutments on bridges or on offshore docks. This is because driven pile has good carrying capacity. However, in the implementation of driven pile foundation causes several problems such as the vibration and noise that interfere into surrounding activities. The vibrations generated by this erection process may also affect the density of the surrounding soil. In contrast to the bore pile foundation, on the implementation of the bore pile foundation does not cause its problems.

This final project aims to design driven pile foundation and bore pile foundation. The designed driven pile foundation are 60 cm in diameter and 80 cm in diameter. As for the bore pile foundation are a diameter of 80 cm, 100 cm and 120 cm. The final result of this designning are designed drawing and cost planning. For D60 driven pile is at depth 52 m with amount of 476 piles point and cost Rp25.664.632.225. For D80 driven pile is at 58 m depth with total 308 piles point and cost Rp27.945.960.313. For D80 bore pile is at 70 m depth with 252 piles point and cost Rp21.829.636.539. For D100 bore pile is at 70 m depth with 209 piles point and cost Rp28.175.442.795. And

for D120 bore pile is at 70 m depth with total 170 piles point and cost Rp32.928.042.244.

Keywords : Driven Pile Foundation, Bore Pile Foundation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis dibantu oleh beberapa pihak yang sangat berjasa hingga terselesainya laporan ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan bantuan baik moral maupun materil.
2. Bapak Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. Dunat Indratmo, MT. selaku Dosen Wali penulis.
4. Teman-teman sekontrakan yang telah berjuang bersama.
5. Teman-teman Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang telah membantu dan memberi semangat penulis.

Penulis sadari sepenuhnya bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun bagi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan	6
1.5. Manfaat	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 7

2.1. Umum.....	7
2.1.1 Pondasi Dangkal	7
2.1.2 Pondasi Dalam	8
2.2. Pondasi Tiang Pancang.....	8
2.2.1 Pengertian Pondasi Tiang Pancang.....	8
2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Pancang.....	9
2.3. Pondasi Tiang Bor	10
2.3.1 Pengertian Pondasi Tiang Bor	10
2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Bor	10
2.4. Tanah Berdasarkan Kelekatannya	11
2.4.1 Tanah Kohesif.....	12
2.4.2 Tanah Granular	12
2.5. Permodelan Struktur	13
2.6. Perencanaan Pondasi Tiang	13

2.6.1 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Aksial	13
2.6.2 Penurunan Tiang Akibat Beban Aksial	25
2.6.3 Daya Dukung Kelompok Tiang	29
2.6.4 Penurunan Kelompok Tiang	31

BAB III METODOLOGI 35

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	35
3.2. Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Pancang ..	36
3.3. Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Bor	37
3.4. Studi Literatur	38
3.5. Pengumpulan Data	38
3.6. Analisa Data Tanah (Stratigrafi Tanah)	39
3.7. Permodelan Struktur Atas	40
3.8. Perencanaan Pondasi Tiang	40
3.9. Analisa Perbandingan	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41

4.1. Hasil	41
4.1.1. Tiang Pancang D60	41
4.1.2. Tiang Pancang D80	42
4.1.3. Tiang Bor D80	43
4.1.4. Tiang Bor D100	44
4.1.5. Tiang Bor D120	45
4.2. Pembahasan	45
4.2.1. Analisa Data Tanah	45
4.2.2. Permodelan Struktur	46
4.2.2.1. Pembebanan Struktur Utama	51
4.2.2.2. Kombinasi Pembebanan	52
4.2.2.3. Metode Permodelan dan Analisa Struktur	52
4.2.2.4. Hasil Analisa Struktur	53
4.2.3. Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang	61
4.2.3.1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal ..	61
4.2.3.2. Daya Dukung Tiang Bor Tunggal	74

4.2.3.3. Daya Dukung Tiang Kelompok.....	93
4.2.4. Penurunan Pondasi Tiang	94
4.2.4.1. Penurunan Segera	95
4.2.4.2. Penurunan Konsolidasi	97
4.2.5. Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang	98
4.2.6. Perencanaan <i>Pile Cap</i>	100
4.2.6.1. Perhitungan Momen Ultimate	100
4.2.6.2. Penentuan Tebal <i>Pile Cap</i>	109
4.2.6.3. Penulangan <i>Pile Cap</i>	115
4.2.7. Perhitungan Biaya	122
4.2.7.1. Volume Pekerjaan	122
4.2.7.2. Harga Bahan, Upah dan Biaya Sewa..	124
4.2.7.3. Analisa Harga Satuan	125
4.2.7.4. Rencana Anggaran Biaya	127
4.3. Metode Pelaksanaan.....	129
4.3.1. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang..	129
4.3.1.1. Persiapan Lokasi Pemancangan.....	129
4.3.1.2. Persiapan Alat Pemancang	130
4.3.1.3. Pengiriman Tiang Pancang ke Lokasi	131
4.3.1.4. Penyimpanan Tiang Pancang.....	131
4.3.1.5. Pemancangan	132
4.3.2. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor	133
4.3.2.1. Tahap Persiapan.....	133
4.3.2.2. Tahap Pelaksanaan	134
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	139
5.1. Kesimpulan.....	139
5.2. Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA	141
LAMPIRAN	143

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Superblok Grand Sungkono Lagoon	2
Gambar 1.2.	Tower Caspian.....	3
Gambar 1.3.	Denah Kolom <i>Basement</i> 3	5
Gambar 2.1.	Ilustrasi kategori <i>pile</i>	14
Gambar 2.2.	Simulasi Daya Dukung Pondasi Tiang	15
Gambar 2.3.	Nilai N_c^* dan N_q^*	18
Gambar 2.4.	Daya Dukung Selimut (<i>Friction Resistance</i>).....	20
Gambar 2.5.	Nilai λ	22
Gambar 2.6.	Ilustrasi untuk mendapatkan nilai c_u dan $\bar{\sigma}_o$	23
Gambar 2.7.	Nilai α (McClelland,1974)	24
Gambar 2.8.	Nilai ξ	27
Gambar 2.9.	Nilai I_{wp} (α_r).....	28
Gambar 2.10.	Simulasi Kelompok Tiang	29
Gambar 2.11.	Simulasi Penurunan Konsolidasi Kelompok Tiang	32
Gambar 2.12.	Grafik nilai $S_{g(e)}$ dari Meyerhof (1961).....	33
Gambar 3.1.	Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	35
Gambar 3.2.	Diagram alir perencanaan pondasi tiang pancang	36
Gambar 3.3.	Diagram alir perencanaan pondasi tiang bor	37
Gambar 4.1.	Denah Pembalokan <i>Roof Top</i>	46
Gambar 4.2.	Denah Pembalokan Lantai 6 – 48.....	47
Gambar 4.3.	Denah Pembalokan Lantai 1 – 5.....	47
Gambar 4.4.	Denah Pembalokan Semi Basement & Basement.	48
Gambar 4.5.	Permodelan Struktur Menggunakan SAP2000.....	49
Gambar 4.6.	Penamaan Titik-titik Reaksi	50
Gambar 4.7.	Daya Dukung Tiang Pancang D60	67
Gambar 4.8.	Daya Dukung Tiang Pancang D80	73

Gambar 4.9.	Daya Dukung Tiang Bor D80	80
Gambar 4.10.	Daya Dukung Tiang Bor D100	86
Gambar 4.11.	Daya Dukung Tiang Bor D120	92
Gambar 4.12.	Model Penurunan Konsolidasi	97
Gambar 4.13.	Titik Perletakan No. 1	100
Gambar 4.14.	Sketsa Penulangan	120
Gambar 4.15.	Alat Pancang	130
Gambar 4.16.	Pengangkutan Tiang Pancang	131
Gambar 4.17.	Penyimpanan Tiang Pancang	132
Gambar 4.18.	Penyambungan Tiang dengan Pengelasan	132
Gambar 4.19.	Perakitan Tulangan Tiang Bor	133
Gambar 4.20.	Alat Bor	134
Gambar 4.21.	Pengangkatan Tulangan Tiang Bor	136
Gambar 4.22.	Pengecoran Tiang Bor	137
Gambar 4.23.	Pengecoran Menggunakan Pipa Tremie ..	137

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang D60	41
Tabel 4.2.	Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang D80	42
Tabel 4.3.	Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D80	43
Tabel 4.4.	Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D100 ..	44
Tabel 4.5.	Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D120 ..	45
Tabel 4.6.	Penamaan Titik-titik Reaksi.....	50
Tabel 4.7.	Reaksi Perletakan pada Setiap Kolom	53
Tabel 4.8.	Reaksi Perletakan Total	60
Tabel 4.9.	Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-1.....	62
Tabel 4.10.	Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-2.....	63
Tabel 4.11.	Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-3.....	64
Tabel 4.12.	Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-4.....	65
Tabel 4.13.	Rekap Daya Dukung Tiang Pancang D60	66
Tabel 4.14.	Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-1.....	68
Tabel 4.15.	Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-2.....	68
Tabel 4.16.	Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-3.....	70
Tabel 4.17.	Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-4.....	70
Tabel 4.18.	Rekap Daya Dukung Tiang Pancang D80	72
Tabel 4.19.	Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-1	75
Tabel 4.20.	Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-2	76

Tabel 4.21.	Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-3.....	77
Tabel 4.22.	Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-4.....	78
Tabel 4.23.	Rekap Daya Dukung Tiang Bor D80	79
Tabel 4.24.	Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-1	81
Tabel 4.25.	Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-2.....	82
Tabel 4.26.	Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-3.....	83
Tabel 4.27.	Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-4.....	84
Tabel 4.28.	Rekap Daya Dukung Tiang Bor D100.....	85
Tabel 4.29.	Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-1	87
Tabel 4.30.	Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-2.....	88
Tabel 4.31.	Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-3.....	89
Tabel 4.32.	Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-4.....	90
Tabel 4.33.	Rekap Daya Dukung Tiang Bor D120	91
Tabel 4.34.	Ringkasan Daya Dukung Tiang	94
Tabel 4.35.	Penurunan pada Pondasi Tiang	96
Tabel 4.36.	Korelasi Nilai N pada Tanah Kohesif	98
Tabel 4.37.	Defleksi Akibat Beban Lateral.....	100
Tabel 4.38.	Hasil Perhitungan Mu pada Tiang Pancang D60.....	104
Tabel 4.39.	Hasil Perhitungan Mu pada Tiang Pancang D80.....	105
Tabel 4.40.	Hasil Perhitungan Mu pada Tiang Bor D80....	106
Tabel 4.41.	Hasil Perhitungan Mu pada Tiang Bor D100..	107
Tabel 4.42.	Hasil Perhitungan Mu pada Tiang Bor D120..	108
Tabel 4.43.	Ringkasan Mu max	109

Tabel 4.44.	Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Kolom .	112
Tabel 4.45.	Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Tiang ...	114
Tabel 4.46.	Rekapitulasi Penulangan <i>Pile Cap</i>	120
Tabel 4.47.	Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D60	122
Tabel 4.48.	Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D80	122
Tabel 4.49.	Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D80 ...	123
Tabel 4.50.	Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D100 .	123
Tabel 4.51.	Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D120 .	124
Tabel 4.52.	Harga Material	124
Tabel 4.53.	Upah Pekerja.....	125
Tabel 4.54.	Biaya Sewa Alat.....	125
Tabel 4.55.	Analisa Harga Satuan.....	125
Tabel 4.56.	Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D60.....	127
Tabel 4.57.	Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D80.....	127
Tabel 4.58.	Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D80	128
Tabel 4.59.	Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D100	128
Tabel 4.60.	Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D120	128
Tabel 4.61.	Rekap Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang	129

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Grand Sungkono Lagoon adalah salah satu proyek hunian superblok di Surabaya yang berkonsep *green, healthy* dan *smart building*. Dikutip dari Majalah SCG (*Surabaya City Guide*) edisi Oktober 2015, proyek ini dibangun di atas area seluas 3,5 ha, dengan 30 persen dari total areanya dibangun infrastruktur ruang terbuka hijau dan danau (lagoon), sehingga menciptakan lingkungan hijau di Surabaya. Proyek Superblok Grand Sungkono Lagoon berada di kawasan premium, Jl Abdul Wahab Siamin kav. 9-10 Surabaya, yang ke depannya diproyeksikan pemerintah Kota Surabaya menjadi *New CBD (Central Business District)* di Ibukota Jawa Timur. Lokasinya dekat dengan tol satelit Surabaya. Superblok Grand Sungkono Lagoon akan menjadi kawasan terpadu atau *mixed use development*, yang di dalamnya akan dibangun hunian apartemen, mall, hingga gedung perkantoran. Saat ini tower apartemen pertama yaitu Venetian telah terjual habis, dengan total 518 unit hunian, dan tower kedua yaitu Caspian yang sedang dalam perencanaan telah terjual sekitar 30%. Caspian Tower merupakan apartemen di Surabaya yang berkonsep *Smart Home Technology* yang terdiri dari 48 lantai, 578 unit, dengan ketinggian 173,3 m. Berikut ini adalah gambar tampilan superblok Grand Sungkono Lagoon (gambar 1.1) dan gambar tampilan Tower Caspian (gambar 1.2).



Gambar 1.1 Superblok Grand Sungkono Lagoon
(sumber: majalah SCG edisi Oktober 2015)

Pada umumnya tanah di Surabaya adalah tanah lunak. Sebagian besar tersusun atas lempung (*clay*), lanau (*silt*) dan sedikit sekali pasir (*sand*). Diperkirakan tanah keras berada 10 m lebih dari permukaan tanah. Kedalaman tanah keras ini dapat diketahui dengan melakukan uji sondir atau biasa disebut *cone penetration test*. Sondir adalah alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Banyak terjadi kegagalan struktur seperti bangunan roboh/runtuh akibat tidak diperhatikan pentingnya pengujian tanah ini, untuk itu sangat di sarankan untuk melakukan pengujian sondir, sehingga dapat direncanakan jenis pondasi yang aman dan efektif sesuai dengan karakteristik tanah dari bangunan yang akan dibangun. Sebuah gedung, khususnya bangunan bertingkat tinggi memerlukan perencanaan pondasi yang matang. Begitu juga dengan pondasi pada Tower Caspian, jika tidak direncanakan dengan matang dapat menimbulkan keruntuhan bangunan.

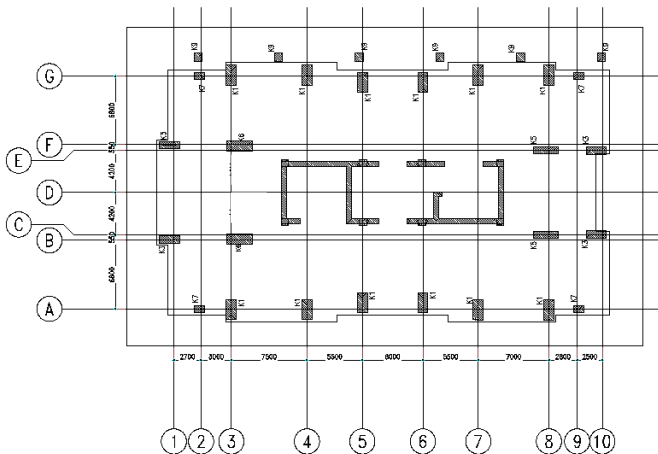


Gambar 1.2 Tower Caspian
(sumber: majalah SCG edisi Oktober 2015)

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah pondasi yang berlebihan. Pondasi sebagai struktur bawah dapat di bagi dua yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan tipe pondasi ini tergantung kepada struktur atau beban di atasnya dan bergantung terhadap kondisi tanah di sekitarnya. Untuk kondisi tanah keras biasanya digunakan pondasi dangkal, dan untuk tanah lunak digunakan pondasi dalam. Pondasi tiang pancang (*driven pile*) merupakan pondasi dalam yang ditanam atau dipancang ke dalam tanah dengan cara dipukul hingga kedalaman tertentu atau hingga tanah keras. Sedangkan pondasi tiang bor (*bore pile*) merupakan pondasi dalam yang ditanam di dalam tanah dengan cara mengebor lapisan tanah hingga kedalaman tertentu yang selanjutnya dilakukan pengecoran pada lubang hasil pengeboran

tersebut. Pondasi tiang digunakan apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Dari hasil pemeriksaan tanah menunjukkan bahwa tanah dangkal tidak stabil dan kurang keras, apabila besarnya penurunan tidak dapat diterima maka pondasi tiang dapat menjadi bahan pertimbangan. Selain itu, estimasi biaya dapat menjadi indikator bahwa pondasi tiang biayanya lebih murah daripada biaya jika harus melakukan perbaikan tanah.

Saat ini pondasi tiang pancang sedang populer digunakan seperti pada proyek pembangunan gedung bertingkat tinggi maupun pilar dan abutment pada jembatan serta pada dermaga lepas pantai. Hal ini karena tiang pancang memiliki daya dukung yang baik. Namun pada pelaksanaannya pondasi tiang pancang menimbulkan beberapa permasalahan seperti getaran dan kebisingan yang mengganggu kegiatan di sekitarnya. Getaran yang diakibatkan oleh proses pemancangan ini juga dapat mempengaruhi kepadatan tanah disekitarnya. Berbeda dengan pondasi tiang pancang, pada pelaksanaannya pondasi tiang bor tidak menimbulkan getaran yang mengganggu. Karena itu tugas akhir ini bertujuan membandingkan antara pondasi tiang pancang dan tiang bor dari segi desain dan pelaksanaannya. Berikut ini adalah denah kolom pada *basement* 3 (gambar 1.3) dimana akan direncanakan pondasi tiang.



Gambar 1.3 Denah Kolom *Basement 3*
(sumber: penggambaran)

1.2. Perumusan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan tentang pondasi tiang ini maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana mendesain pondasi tiang pancang dan tiang bor?
- 2) Bagaimana pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dan tiang bor?
- 3) Bagaimana perbandingan desain dan pelaksanaan antara pondasi tiang pancang dan tiang bor?

1.3. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan tentang pondasi tiang ini maka untuk mencapai tujuan dari tulisan ini perlu adanya pembatasan masalah yang akan diuraikan. Batasan masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Yang direncanakan adalah pondasi pada Tower Caspian.

- 2) Gaya-gaya yang bekerja pada kepala pondasi tiang didapat dari hasil perhitungan dengan bantuan program SAP2000 v.17.
- 3) Tidak meninjau metode perbaikan atau perkuatan tanah.
- 4) Tiang pancang yang direncanakan adalah tiang pancang berpenampang bulat dengan diameter 60 cm dan 80 cm.
- 5) Tiang bor yang direncanakan adalah tiang bor dengan diameter 80 cm, 100 cm dan 120 cm.
- 6) Tidak membuat penjadwalan proyek.

1.4. Tujuan

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui desain pondasi tiang pancang dan tiang bor.
- 2) Mengetahui pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dan tiang bor.
- 3) Mengetahui perbandingan desain dan pelaksanaan antara pondasi tiang pancang dan tiang bor.

1.5. Manfaat

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat:

- 1) Sebagai bahan referensi bagi siapa yang membaca khususnya mahasiswa tugas akhir yang membahas mengenai masalah analisa daya dukung pondasi tiang pancang maupun tiang bor.
- 2) Dapat memperluas wawasan dan pengetahuan mengenai masalah tentang menganalisa sebuah pondasi tiang pancang maupun tiang bor.
- 3) Bagi pihak – pihak lain yang membutuhkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pondasi adalah konstruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan. Karena pondasi berfungsi sebagai penahan seluruh beban baik hidup maupun mati yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar. Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung dibawahnya. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang ada di bawah struktur tersebut.

Bentuk pondasi ditentukan berdasarkan berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah keras yang mendukung pondasi. Jika terletak pada tanah miring lebih dari 10%, maka pondasi bangunan tersebut harus dibuat rata atau dibentuk seperti tangga dengan bagian bawah dan atas rata. Jenis pondasi dibagi menjadi 2, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang cocok adalah pondasi dangkal. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang cocok adalah pondasi dalam. Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 adalah sebagai berikut:

- Tanah keras (lebih dari 5 kg/cm²).
- Tanah sedang (2-5 kg/cm²)
- Tanah lunak (0,5-2 g/cm²)
- Tanah amat lunak (0-0,5 kg/cm²)

2.1.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalaman pondasi 1/3 dari lebar

pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m. Kedalaman pondasi dangkal ini bukan aturan yang baku, tetapi merupakan sebagai pedoman. Pada dasarnya, permukaan pembebanan atau kondisi permukaan lainnya akan mempengaruhi kapasitas daya dukung pondasi dangkal.

Pondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan juga tidak terlalu tinggi, pondasi dangkal umumnya tidak cocok dalam tanah kompresif yang lemah atau sangat buruk, seperti tanah urug dengan kepadatan yang buruk, pondasi dangkal juga tidak cocok untuk jenis tanah gambut. Yang termasuk pondasi dangkal adalah pondasi batu kali, pondasi tapak, pondasi rakit dan pondasi sumuran.

2.1.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan di permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam untuk mencapai tanah keras.

Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam maka dibuat pondasi dalam yang dimasukkan ke dalam sehingga mencapai tanah keras. Yang termasuk pondasi dalam adalah pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor.

2.2. Pondasi Tiang Pancang

2.2.1 Pengertian Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang atau *driven pile* adalah salah satu jenis pondasi dalam yang merupakan bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada

kedalaman tertentu yang dikerjakan dengan cara dipancang ke dalam tanah.

2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Pancang

Kelebihan tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. Karena tiang dibuat di pabrik dan pemeriksaan kualitas sangat ketat, hasilnya lebih dapat diandalkan.
2. Pelaksanaan pemancangan relative cepat, terutama untuk tiang baja. Walaupun lapisan antara cukup keras, lapisan tersebut masih dapat ditembus sehingga pemancangan ke lapisan tanah keras masih dapat dilakukan.
3. Persediaannya cukup banyak di pabrik sehingga mudah diperoleh, kecuali jika diperlukan tiang dengan ukuran khusus.
4. Untuk pekerjaan pemancangan yang kecil, biayanya tetap rendah.
5. Daya dukungnya dapat diperkirakan berdasar rumus tiang pancang sehingga pekerjaankonstruksinya mudah diawasi.
6. Cara pemukulan sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung beban vertical.

Kekurangan tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. Karena pekerjaan pemasangannya menimbulkan getaran dan kegaduhan maka pada daerah yang berpenduduk padat akan menimbulkan masalah di sekitarnya.
2. Untuk tiang yang panjang, diperlukan persiapan penyambungan dengan menggunakan pengelasan (untuk tiang pancang beton yang bagian atas atau bawahnya berkepala baja). Bila pekerjaan penyambungan tidak baik, akibatnya sangat merugikan.
3. Bila pekerjaan pemancangan tidak dilaksanakan dengan baik, kepala tiang cepat hancur. Sebaiknya pada saat dipukul dengan palu besi, kepala tiang dilapisi dengan kayu.
4. Bila pemancangan tidak dapat dihentikan pada kedalaman yang telah ditentukan, diperlukan perbaikan khusus.

5. Karena tempat penampungan di lapangan dalam banyak hal mutlak diperlukan maka harus disediakan tempat yang cukup luas.
6. Tiang-tiang beton berdiameter besar sangat berat, sehingga sulit diangkut atau dipasang. Karena itu diperlukan mesin pemancang yang besar.
7. Untuk tiang-tiang pipa baja, diperlukan tiang yang tahan korosi.

2.3. Pondasi Tiang Bor

2.3.1 Pengertian Pondasi Tiang Bor

Pondasi tiang bor atau *bore pile* adalah salah satu jenis pondasi dalam yang berbentuk tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya. Bore pile dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor.

2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Bor

Kelebihan tiang bor adalah sebagai berikut:

1. Karena pada saat melaksanakan pekerjaan hanya terjadi getaran dan keriuhan yang sangat kecil maka pondasi ini cocok untuk pekerjaan pada daerah yang padat penduduknya.
2. Karena tanpa sambungan, dapat dibuat tiang yang lurus dengan diameter besar dan lebih panjang.
3. Diameter tiang ini biasanya lebih besar daripada tiang pracetak atau pabrikan.
4. Daya dukung sstiap tiang lebih besar sehingga beton tumpuan (Pile cap) dapat dibuat lebih kecil.
5. Selain cara pemboran di dalam arah berlawanan dengan putaran jam, tanah galian dapat diamati secara langsung

dan sifat-sifat tanah pada lapisan antara atau pada tanah pendukung pondasi dapat langsung diketahui.

6. Pengaruh jelek terhadap bangunan di dekatnya cukup kecil.

Kekurangan tiang bor adalah sebagai berikut:

1. Dalam banyak hal, beton dari tubuh tiang diletakkan di bawah air dan kualitas tiang yang sudah selesai lebih rendah dari tiang-tiang pracetak atau pabrikan. Disamping itu, pemeriksaan kualitas hanya dapat dilakukan secara tidak langsung.
2. Ketika beton dituangkan, dikawatirkan adukan beton akan bercampur dengan reruntuhan tanah. Oleh karena itu, beton harus segera dituangkan dengan seksama setelah penggalian tanah dilakukan.
3. Walaupun penetrasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, terkadang tiang pendukung kurang sempurna karena ada lumpur yang tertimbun di dasar.
4. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton, maka untuk pekerjaan yang kecil dapat mengakibatkan biaya tinggi.
5. Karena pada cara pemasangan tiang yang diputar berlawanan arah jarum jam menggunakan air maka lapangan akan menjadi kotor. Untuk setiap cara perlu dipikirkan cara menangani tanah yang telah dibor atau digali.

2.4. Tanah Berdasarkan Kelekatannya

Dalam merencanakan pondasi tiang perlu diperhatikan sifat lekat dari tanah, karena pada jenis tanah yang berbeda sifat kelekatannya maka berbeda pula cara merencanakannya. Tanah berdasarkan kelekatannya dibagi menjadi tanah kohesif dan tanah granular.

2.4.1 Tanah Kohesif

Jenis tanah yang termasuk tanah kohesif yaitu lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Dalam menentukan kuat geser tanah ini dapat ditentukan dengan melihat nilai kohesinya.

Tanah kohesi mempunyai beberapa sifat yaitu mempunyai kuat geser rendah, bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (menurun), menyusut bila kering dan mengembang bila basah, akan berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah dan struktur tanahnya terganggu, berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rayapan (*creep*) pada beban yang konstan, merupakan material kedap air, material yang jelek untuk tanah urug karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi.

2.4.2 Tanah Granular

Jenis tanah yang termasuk kedalam tanah granular yaitu pasir, kerikil, batuan dan campurannya. Tanah granular merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena tanah ini mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kapasitas dukung kecil asalkan tanahnya relatif padat. Penurunan kapasitas dukung terjadi segera karena permukaan tanah diterapkan beban. Penurunan yang besar juga dapat terjadi pada tanah yang tidak padat jika terdapat getaran dengan frekuensi tinggi.

Tanah granular merupakan tanah yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Tanah granular ini mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainase yang baik karena lolos air. Tanah yang baik untuk timbunan karena mempunyai kuat geser yang tinggi.

2.5. Permodelan Struktur

Sesuai dengan fungsinya yaitu meneruskan beban yang diakibatkan struktur di atasnya maka pondasi harus mampu menahan beban-beban yang diakibatkan oleh struktur di atasnya agar tidak terjadi keruntuhan. Beban-beban yang diakibatkan oleh struktur atas tersebut diantaranya adalah beban tekan vertical, beban tarik vertical, beban horizontal ke arah sumbu x maupun sumbu y dan momen. Namun beban-beban tersebut dapat dihitung dengan menggunakan program bantu SAP2000. Beban-beban tersebut dihitung dengan memodelkan struktur atas dan menambahkan pembebanan.

SAP2000 merupakan program bantu. SAP2000 ini adalah program versi terakhir yang paling lengkap dari seri-seri program analisis struktur SAP, baik SAP80 maupun SAP90. Karena SAP adalah program yang menyediakan fasilitas untuk membuat permodelan dan perhitungan struktur, maka melalui program bantu ini dapat diketahui gaya dalam maupun reaksi perletakan.

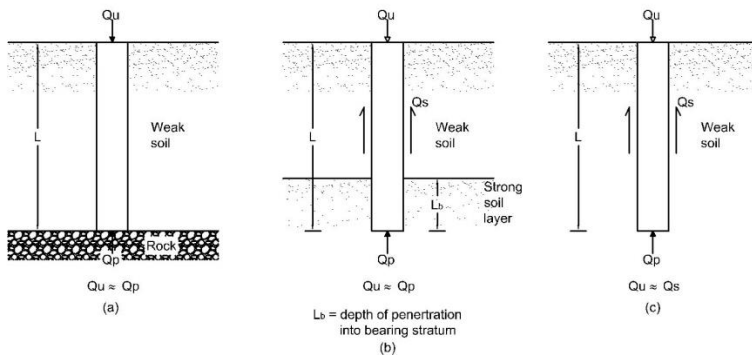
Untuk mencari gaya pada pondasi tiang perlu dimasukkan beban –beban. Pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013. Disebutkan bahwa beban minimum pada bangunan gedung terdiri dari beban mati yang merupakan berat sendiri bangunan yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi, beban hidup yang merupakan beban yang berubah-ubah seperti manusia dan perabotannya, beban angin yang bekerja secara horizontal dan beban gempa yang disebabkan oleh Bergeraknya tanah. Beban gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726-2012.

2.6. Perencanaan Pondasi Tiang

2.6.1 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Aksial

Pada pondasi dalam ada 3 kategori *pile* yang sesuai dengan kedalamannya yaitu pondasi yang ujung tiangnya tepat di atas tanah keras yang hanya mengandalkan daya dukung ujung tiang (a), pondasi yang ujung tiangnya masuk ke dalam tanah

keras dengan kedalaman tertentu yang biasa disebut dengan L_b yang mengandalkan daya dukung ujung tiang dan friksi tiang dengan tanah (b), dan yang terakhir adalah pondasi tidak mencapai sampai tanah keras atau seperti melayang pada tanah lunak yang hanya mengandalkan kuat friksinya antara tiang dan tanah (c). Kategori letak *pile* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Ilustrasi kategori *pile*
(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

Perhitungan daya dukung dikaitkan dengan proses perencanaan yang harus memperhatikan kondisi tiang pada lapisan tanah, apakah tiang tersebut tertahan pada ujungnya (*point bearing capacity*) atau tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah (*friction bearing capacity*).

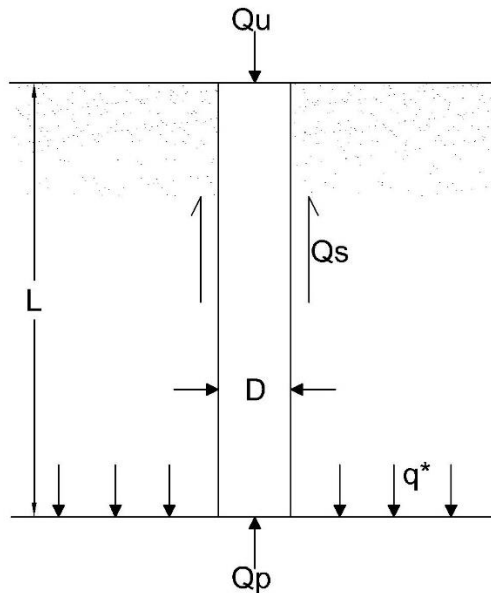
$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_u = daya dukung batas tiang

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung gesek sepanjang badan tiang



Gambar 2.2 Simulasi Daya Dukung Pondasi Tiang
(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

Untuk nilai dari daya dukung dapat didapatkan secara mudah dengan menggunakan data tanah yang sudah ada. Ada 2 cara untuk mendapatkannya yaitu yang pertama menggunakan parameter-parameter kuat geser tanah yang didapatkan dari hasil uji laboratorium seperti kohesi dan sudut geser dalam tanah. Cara kedua adalah dengan data hasil uji di lapangan yaitu CPT (*Cone Penetration Test*) atau Sondir dan SPT (*Standard Penetration Test*).

1. Daya Dukung Ujung Tiang (*End Bearing Capacity*)

End bearing capacity dimana daya dukungnya dihasilkan dari ujung tiang yang biasanya terletak di lapisan tanah keras. Lapisan tanah keras ini bisa terdiri dari jenis tanah apa saja, meliputi lempung keras sampai batuan tetap. Penentuan daya

dukung dilakukan dengan melihat jenis tanah yang terdapat dalam lapisan tersebut. Untuk menghitung daya dukung ujung tiang diturunkan berdasarkan perhitungan daya dukung pada pondasi dangkal, yaitu dengan persamaan umum dari Terzaghi untuk perhitungan daya dukung pada pondasi dangkal, yaitu :

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} + q' N_q F_{qs} F_{qd} + 0,5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

Kemudian dari rumus tersebut disederhanakan oleh Hence menjadi:

$$q_u = c' N_c^* + q' N_q^* + 0,5 \gamma B N_\gamma^*$$

Dikarenakan letak pondasi tiang yang begitu dalam maka daya dukung per satuan luas lebih bertambah besar pada ujung tiang, q_p , dan menurut Hence untuk lebar pondasi dalam pondasi tiang akan dinotasikan dalam D , sehingga rumusnya akan menjadi :

$$q_u = q_p = c' N_c^* + q' N_q^* + 0,5 \gamma D N_\gamma^*$$

Dikarenakan lebar atau diameter penampang sangat kecil apabila dibandingkan dengan kedalaman tiang, maka untuk rumus $\gamma D N_\gamma^*$ dapat diabaikan, sehingga rumus tersebut akan menjadi :

$$q_p = c' N_c^* + q' N_q^*$$

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p (c' N_c^* + q' N_q^*)$$

dimana:

q_p = daya dukung ujung tiang per satuan luas

Q_p = daya dukung ujung tiang

c' = kohesi tanah pada ujung tiang

q' = $\gamma' \cdot D_f$

D_f = kedalaman pondasi dalam tanah,

γ' = berat jenis tanah (*drained*)

N_c^*, N_q^* = faktor daya dukung

A_p = luas penampang tiang

Meyerhof menemukan beberapa metode untuk menemukan nilai Q_p berdasarkan jenis tanah pada ujung tiang. Metode tersebut dikenal dengan nama *Meyerhof's Method*.

a. Tanah Pasir

Menurut Mayerhof, apabila ujung tiang tersebut terletak pada tanah pasir, pada umumnya nilai q_p akan meningkat berdasarkan kedalaman. Apabila pondasi dalam terletak pada tanah pasir dengan $c' = 0$, maka untuk menghitung daya dukung ujung tiang adalah menggunakan rumus :

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^* \leq A_p \cdot q_l$$

Nilai Q_p tidak boleh melebihi dari nilai daya ujung batas,

$$A_p \cdot q_l :$$

$$Q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^* \leq A_p \cdot q_l$$

Dimana daya ujung batas didapatkan dari :

$$q_l = 50 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

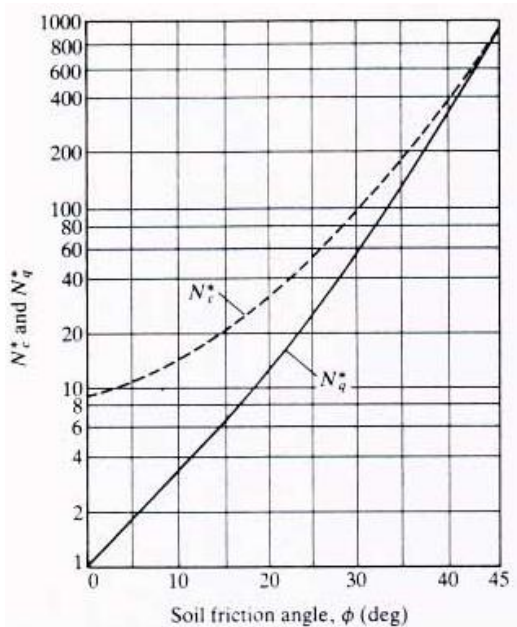
Meyerhof juga melakukan percobaan menggunakan data tanah hasil lapangan seperti SPT untuk menentukan nilai Q_p pada tanah pasir. Jika berdasarkan nilai N-SPT:

$$q_p = 40N \cdot L/D \leq 400N \text{ (2.1)}$$

dimana :

N = rata-rata dari nilai N-SPT sekitar ujung tiang (sekar 10D dari atas dan 4D dari bawah ujung tiang).

Untuk nilai N_c^* dan N_q^* didapatkan dari grafik di bawah ini:



Gambar 2.3 Nilai N_c^* dan N_q^*

(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*, Braja M. Das)

b. Tanah lempung jenuh

Jika pondasi dalam terletak pada tanah lempung jenuh dengan $\phi = 0$, maka untuk menghitung daya dukung ujung tiang menggunakan rumus:

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^*$$

Karena $\phi = 0$, maka nilai N_c^* dan N_q^* berdasarkan grafik 2.3 adalah:

$$N_c^* = 9 \qquad N_q^* = 0$$

Sehingga rumusnya akan menjadi :

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

c. *Bore Pile*

Untuk perhitungan daya dukung pondasi *bore pile* adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \mu \cdot A_p \cdot N_c \cdot c_p$$

dimana:

μ	= faktor koreksi;
	= 0,8 untuk $D \leq 1$ m
	= 0,75 untuk $D > 1$ m
c_u, c_p	= kohesi pada ujung tiang (<i>undrained</i>)
N_c	= faktor daya dukung ($N_c = 9$)

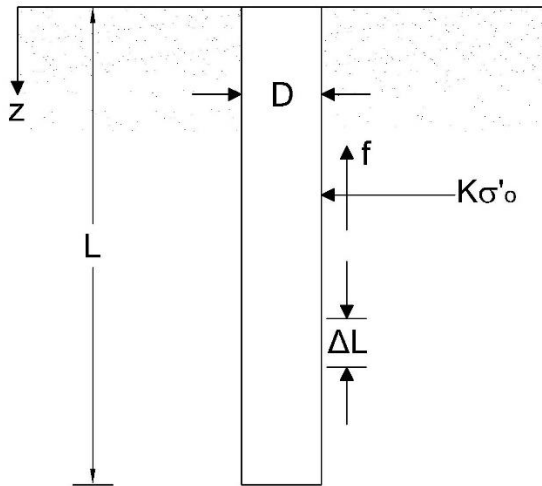
2. Daya Dukung Selimut (*Friction Resistance*)

Kadang-kadang ditemukan keadaan tanah dimana lapisan keras sangat dalam sehingga pembuatan tiang sampai lapisan tersebut sulit dilaksanakan. Maka untuk menahan beban yang diterima tiang, tahanan sebagian besar ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah (*friction resistance*). Tiang semacam ini disebut *friction pile* atau juga sering disebut sebagai tiang terapung (*floating pile*). Secara teoritis daya dukung tiang (Q_s) ini dapat dihitung dengan rumus secara umum yaitu :

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

dimana :

p	= keliling tiang pondasi
ΔL	= pengurangan panjang pada saat p dan f konstan
f	= koefisien friksi sesuai dengan kedalaman yang diinginkan



Gambar 2.4 Daya Dukung Selimut (*Friction Resistance*)
(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

a. Tanah Pasir

Rumus yang digunakan untuk menghitung daya dukung selimut pada tanah pasir adalah:

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

dengan

$$f = K \cdot \sigma_o' \cdot \tan \delta$$

dimana:

K = koefisien efektifitas tanah

$K_o = 1 - \sin \phi$ (*bored pile*)

$K_o = 1,4 K_o$ (perpindahan rendah pada *driven pile*)

$K_o = 1,8 K_o$ (perpindahan tinggi pada *driven pile*)

σ_o' = tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau

δ = sudut friksi antara tanah dengan tiang

$$= (0,5 - 0,8) \phi$$

b. Tanah lempung

Untuk perhitungan daya dukung selimut pada tanah lempung dapat dihitung dengan 3 metode perhitungan yaitu metode λ , α , dan β .

→ Metode λ

Metode λ dikembangkan oleh Vijayvergiya dan Focht (1972), berdasarkan dengan asumsi pada perpindahan tanah yang disebabkan oleh hasil pemancangan dengan tekanan lateral pasif pada kedalaman tertentu dan untuk rata-rata tahanan lekat dirumuskan seperti di bawah ini:

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f_{av}$$

dengan

$$f_{av} = \lambda (\bar{\sigma}'_o + 2c_u)$$

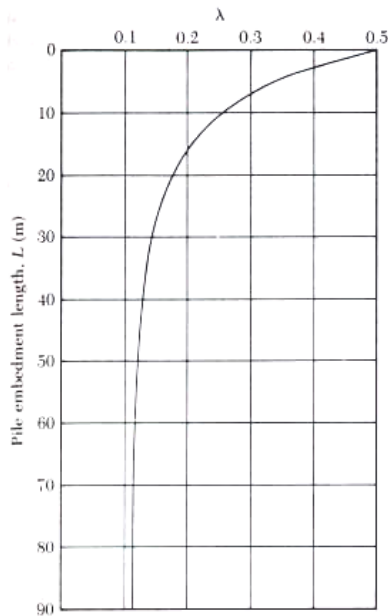
dimana:

λ = koefisien lekatan

$\bar{\sigma}'_o$ = rata-rata dari tegangan vertikal efektif sepanjang tiang

c_u = rata-rata kuat geser *undrained* ($\phi = 0$)

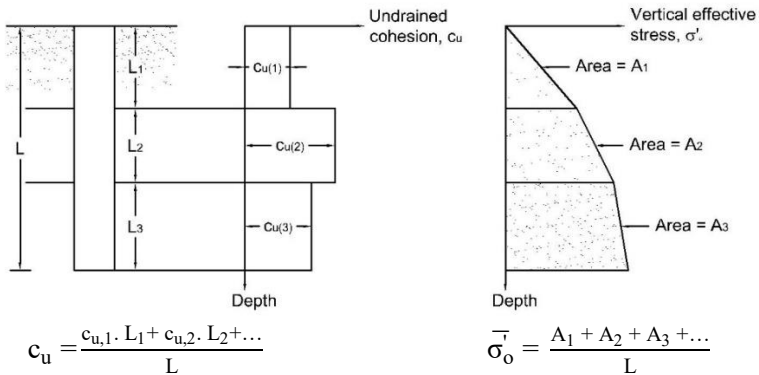
Untuk nilai λ akan berubah sesuai dengan kedalaman tiang, sehingga untuk memperoleh nilai λ dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



Gambar 2.5 Nilai λ

(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

Tiang pondasi biasanya terletak lebih dari 1 lapis jenis tanah lempung, sehingga untuk nilai c_u dan $\overline{\sigma'_o}$ harus dihitung per-lapisan. Untuk tanah lempung yang berlapis-lapis maka nilai c_u dan $\overline{\sigma'_o}$ didapatkan seperti di bawah ini:



Gambar 2.6 Ilustrasi untuk mendapatkan nilai c_u dan $\bar{\sigma}'_o$
 (Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
 Braja M. Das)

→ Metode α

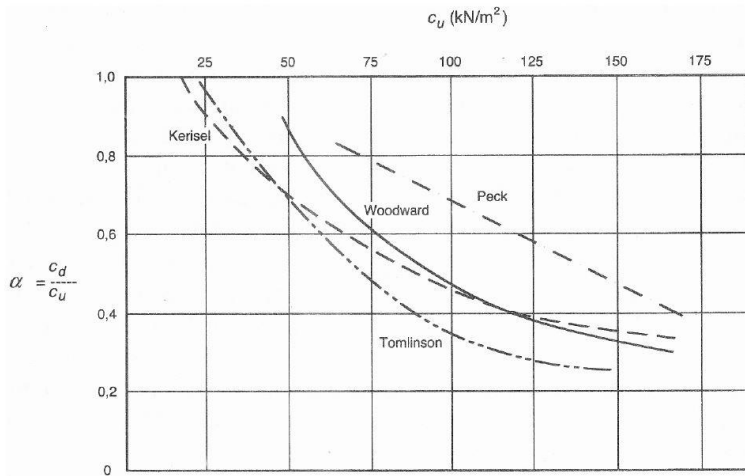
Metode α dikemukakan oleh Tomlison untuk menghitung tahanan lekat yang rumusnya diturunkan sebagai berikut :

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

dengan

$$f = \alpha \cdot c_u$$

Untuk $c_u \leq 50 \text{ kN/m}^2$, maka nilai $\alpha = 1$. Sedangkan untuk $c_u > 50 \text{ kN/m}^2$ maka bisa menggunakan grafik di bawah ini.



Gambar 2.7 Nilai α (McClelland, 1974)

(Sumber: Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hary Christady)

→ Metode β

Ketika pondasi tiang didorong ke dalam tanah lempung jenuh air, tekanan air pori pada tanah sekeliling tiang akan meningkat. Tekanan air pori berlebih pada tanah *normally consolidated clay* bisa mencapai $4 - 6 \times c_u$. Namun, dalam waktu sebulan atau lebih, tekanan ini akan menghilang secara bertahap. Menurut Hence, tahanan lekat pada tiang dapat dihitung berdasarkan parameter tegangan efektif pada tanah lempung remoulded dimana nilai $c' = 0$, kemudian dapat dirumuskan seperti berikut :

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

dengan

$$f = \beta \cdot \sigma_o'$$

dimana:

$$\beta = K \cdot \tan \phi_R$$

ϕ_R = sudut friksi *drained* pada lempung *remoulded*

K = koefisien tekanan tanah *at rest*

$$\begin{aligned}
&= 1 - \sin \phi_R \text{ (untuk lempung } \textit{normally consolidated}) \\
&= (1 - \sin \phi_R) \cdot \sqrt{\text{OCR}} \text{ (untuk lempung } \textit{over consolidated})
\end{aligned}$$

c. *Bore Pile*

Untuk daya dukung selimut pada pondasi *bore pile*, digunakan rumus di bawah ini.

$$Q_s = \sum 0,45 \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L$$

3. Daya Dukung Ijin (*Allowable Bearing Capacity*)

Dalam mendesain, untuk daya dukung yang sudah didapatkan harus dihitung pula daya dukung batas (Q_u) dan daya dukung ijin (Q_{all}). Dapat dikatakan desain yang akan dipakai nantinya sudah aman dan bila terjadi sedikit kesalahan dari desain tidak langsung runtuh. Untuk rumus Q_u dan Q_{all} adalah sebagai berikut:

a. *Driven pile*

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} \quad (FS = 2,5 - 4)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{1,5}$$

b. *Bored pile*

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{2,5} \quad D < 2\text{m dan pelebaran pada ujung tiang}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{2} \quad \text{Tanpa pelebaran pada ujung tiang}$$

2.6.2 Penurunan Tiang Akibat Beban Aksial

Untuk penurunan pada tiang tunggal yang terjadi, dikatakan oleh Vesic (1977) akan diakibatkan oleh 3 jenis penurunan yaitu penurunan elastik dari tiangnya, penurunan tiang akibat beban pada ujung tiang, dan penurunan tiang akibat

penyebaran beban sepanjang selimut tiang. Rumus penurunan ini sering dikenal dengan sebutan *Vesic's Method* sebagai berikut:

$$s = s_e + s_{pp} + s_{ps}$$

dimana:

s = total penurunan tiang

s_e = penurunan elastik tiang

s_{pp} = penurunan tiang akibat beban pada ujung tiang

s_{ps} = penurunan tiang akibat penyebaran beban sepanjang selimut tiang

1. Penurunan Elastik

Untuk mendapatkan s_e , dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$s_e = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \cdot E_p}$$

dimana:

Q_{wp} = beban yang ditanggung pada ujung tiang pada saat pembebanan

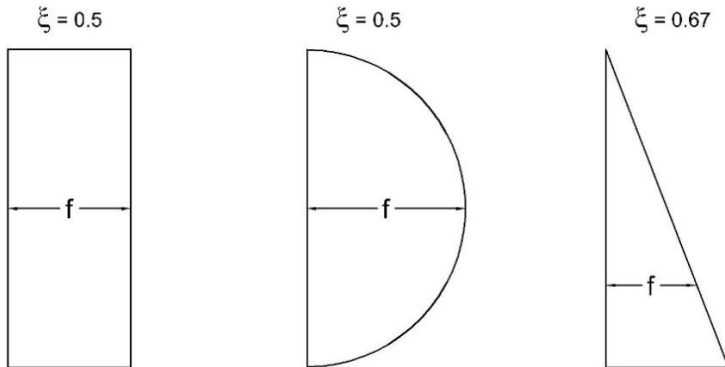
Q_{ws} = beban yang ditanggung oleh tahanan friksi pada saat pembebanan

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastisitas tiang

L = panjang tiang

ξ = faktor distribusi gaya friksi sepanjang selimut tiang. Nilai faktor ini tergantung pada bentuk distribusi gaya yang terjadi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Nilai ξ
 (Sumber: *Principles of Foundation Engineering* - 7th Edition,
 Braja M. Das)

2. Penurunan Ujung Tiang

Untuk mendapatkan s_{pp} , dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$s_{pp} = \left(\frac{Q_{wp}}{A_p} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

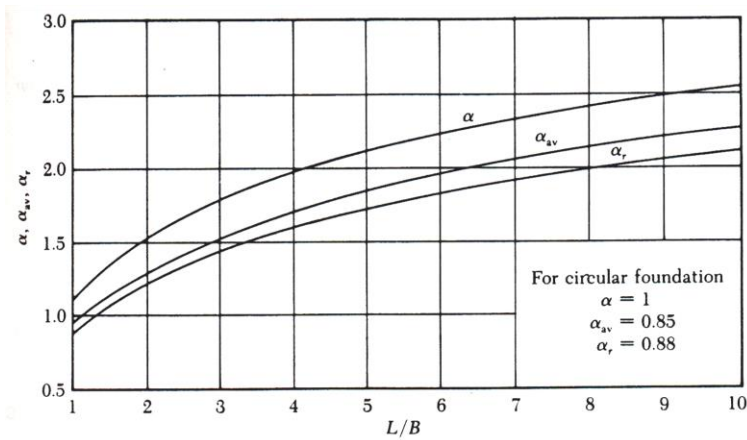
dimana:

D = lebar atau diameter tiang

E_s = modulus elastisitas tanah pada atau di bawah ujung tiang

μ_s = *poisson ratio* tanah

I_{wp} = faktor pengaruh pada ujung tiang yang didapatkan dari grafik di bawah ini (α_r)



Gambar 2.9 Nilai I_{wp} (α_r)

(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*, Braja M. Das)

3. Penurunan Friksi

Sedangkan untuk mendapatkan s_{ps} , dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

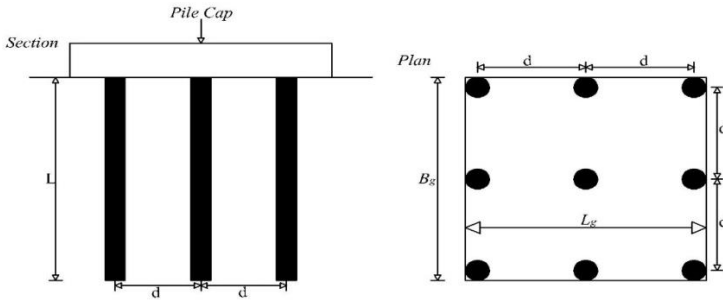
dimana :

p = keliling lingkaran

I_{ws} = faktor pengaruh pada selimut tiang

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

2.6.3 Daya Dukung Kelompok Tiang



Gambar 2.10 Simulasi Kelompok Tiang
(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

$$L_g = (n_1 - 1) d + 2(D/2)$$

$$B_g = (n_2 - 1) d + 2(D/2)$$

dimana:

L_g = panjang kelompok tiang

B_g = lebar kelompok tiang

D = diameter tiang

d = jarak antar tiang (dari as ke as)

n_1 = jumlah tiang dari panjang kelompok tiang

n_2 = jumlah tiang dari lebar kelompok tiang

1. Efisiensi Kelompok Tiang

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u}$$

dimana :

η = efisiensi kelompok tiang

$Q_{g(u)}$ = daya dukung batas dari kelompok tiang

Q_u = daya dukung batas tiap tiang tanpa pengaruh kelompok tiang

2. Daya Dukung Kelompok Tiang di Tanah Pasir

Jika pada tanah pasir, maka :

$$\eta = \frac{2(n_1 + n_2)d + 4D}{p \cdot n_1 \cdot n_2}$$

$$Q_{g(u)} = \left[\frac{2(n_1 + n_2)d + 4D}{p \cdot n_1 \cdot n_2} \right] \Sigma Q_u$$

Jika $\eta < 1 \rightarrow Q_{g(u)} = \eta \cdot \Sigma Q_u$, jika $\eta \geq 1 \rightarrow Q_{g(u)} = \Sigma Q_u$

Untuk *driven pile* pada tanah pasir adalah sebagai berikut:

$$d \geq 3D, Q_{g(u)} = \Sigma Q_u$$

Sedangkan untuk *bore pile* pada tanah pasir adalah sebagai berikut:

$$d \approx 3D, Q_{g(u)} = 2/3 - 3/4 \Sigma Q_u$$

3. Daya Dukung Kelompok Tiang di Tanah Lempung

Cara menghitung daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung jenuh adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung daya dukung batas kelompok tiang berdasarkan daya dukung tiang tunggal.

$$\Sigma Q_u = n_1 \cdot n_2 (Q_p + Q_s)$$

Daya dukung ujung tiang tunggal

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

Daya dukung friksi tiang tunggal

$$Q_s = \Sigma(\alpha \cdot p \cdot c_u \cdot \Delta L)$$

- b. Hitung batas daya dukung kelompok tiang dengan asumsi kelompok tiang berbentuk blok dengan dimensi $L_g \times B_g \times L$

Daya dukung ujung kelompok tiang

$$Q_p' = A_p \cdot q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \text{ dengan } A_p = L_g \cdot B_g$$

Daya dukung selimut kelompok tiang

$$Q_s' = \Sigma(p_g \cdot c_u \cdot \Delta L) = \Sigma 2(L_g + B_g) \cdot c_u \Delta L$$

Daya dukung batas kelompok tiang

$$\Sigma Q_u = Q_p' + Q_s'$$

2.6.4 Penurunan Kelompok Tiang

1. Penurunan Konsolidasi

Metode yang digunakan untuk menghitung penurunan konsolidasi kelompok tiang adalah metode Terzaghi dan hanya untuk tanah lempung.

$$\Delta s_g = \Sigma s_i = \frac{C_{c(i)} H_i}{1 + e_{o(i)}} \log \left[\frac{p_{o(i)} + \Delta p_{(i)}}{p_{o(i)}} \right]$$

dimana :

Δs_g = total penurunan konsolidasi

s_i = penurunan konsolidasi lapis i

$C_{c(i)}$ = *compression index* pada lapis i

H_i = tebal tanah lapis i

$p_{o(i)}$ = tegangan sebelum konstruksi lapis i

$\Delta p_{(i)}$ = tegangan yang meningkat pada tengah lapis i

Menurut rumus yang diberikan oleh Terzaghi, penurunan konsolidasi memiliki 2 kriteria adalah :

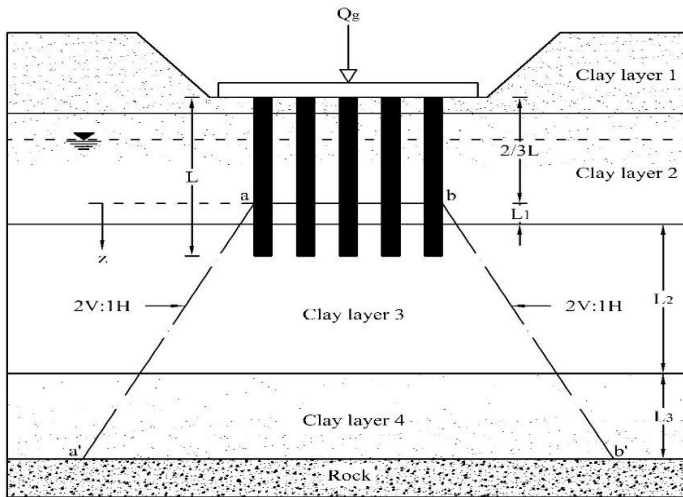
- Group piles* akan mengalami konsolidasi dimulai dari kedalaman $2/3 L$ dari bagian atas tiang seperti yang ada pada gambar 2.11.
- Beban (Q_g) akan mengalami distribusi tegangan dengan perbandingan 2:1 (2 vertikal : 1 horizontal) dan peningkatan tegangan (Δp_i) akan terjadi pada tengah-tengah tiap lapisan tanah.

$$\Delta p_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i)(L_g + z_i)}$$

dimana :

L_g, B_g = lebar dan panjang kelompok tiang

z_i = jarak dari $z = 0$ sampai tengah-tengah lapis i



Gambar 2.11 Simulasi Penurunan Konsolidasi Kelompok Tiang
(Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
Braja M. Das)

2. Penurunan Elastik

Untuk perhitungan pada penurunan elastik pada tanah pasir atau granular, digunakan metode dari Vesic (1969) yaitu:

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} s$$

dimana :

$s_{g(e)}$ = penurunan elastik *group piles*

D = lebar atau diameter 1 tiang

s = penurunan elastik 1 tiang

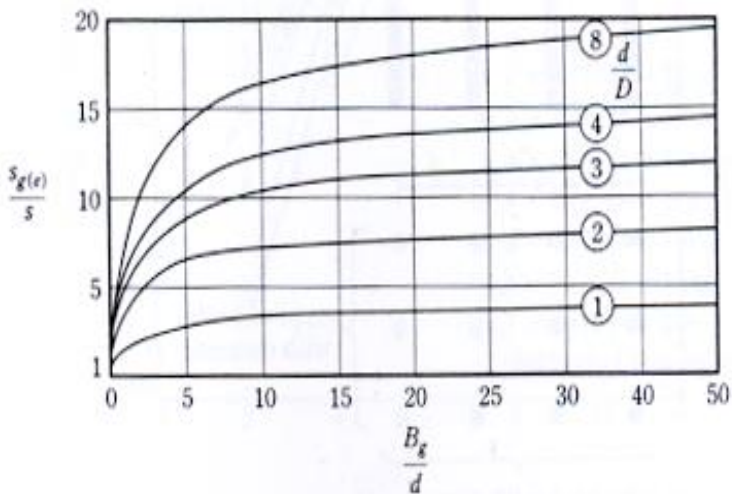
Selain dari metode Vesic, Meyerhof (1976) juga mengeluarkan metode dalam menghitung penurunan elastik pada kelompok tiang untuk tanah berpasir :

$$s_{g(e)}(\text{in}) = \frac{2q\sqrt{B_g I}}{N_{60}}$$

dimana :

- $q = Q_g / (L_g \cdot B_g)$ (ton/ft²)
 L_g, B_g = panjang dan lebar kelompok tiang (ft)
 N_{60} = rata-rata N-SPT pada area penurunan
 $I = 1 - L/8B_g \geq 0,5$
 L = panjang tiang

Meyerhof (1961) juga melakukan percobaan penurunan elastik yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

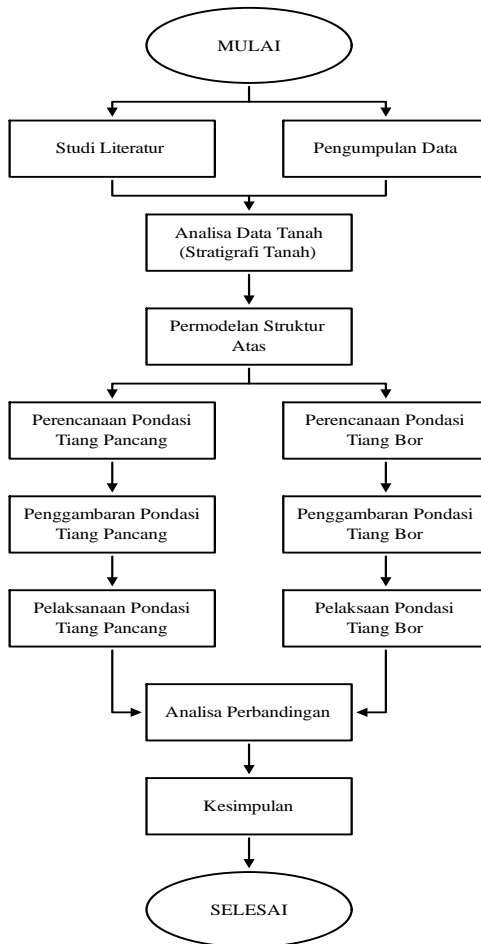


Gambar 2.12 Grafik nilai $S_{g(e)}$ dari Meyerhof (1961)
 (Sumber: *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition*,
 Braja M. Das)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

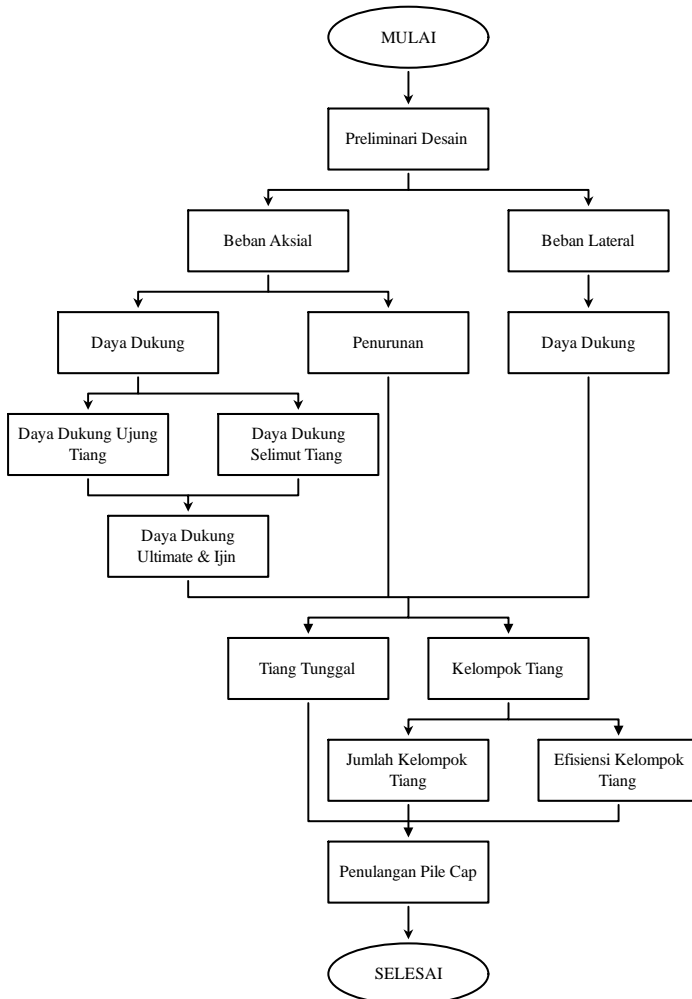
BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



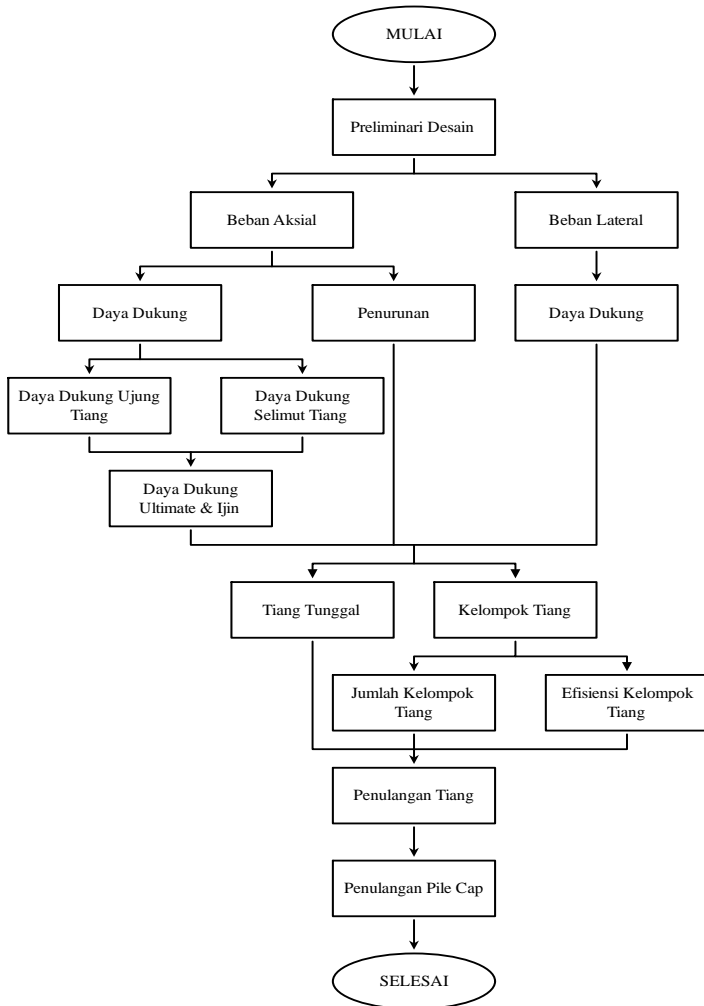
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

3.2. Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Pancang



Gambar 3.2 Diagram alir perencanaan pondasi tiang pancang

3.3. Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Bor



Gambar 3.3 Diagram alir perencanaan pondasi tiang bor

3.4. Studi Literatur

Langkah pertama dalam melakukan studi literatur adalah mencari dan mengumpulkan literatur-literatur yang berkaitan dengan perencanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor. Untuk mempermudah dalam pengerjaan, penulis terlebih dahulu mempelajari secara singkat mengenai perencanaan struktur pondasi dalam yang mencakup sistem struktur, pemilihan lokasi yang tepat, jenis dan karakteristik tanah, pertimbangan pemilihan jenis pondasi, dan lain-lain. Hal ini dipelajari dari beberapa buku dan peraturan yang berkaitan.

Berikut buku-buku yang dijadikan sebagai literatur dalam melakukan perencanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor:

1. *Principles of Foundation Engineering - 7th Edition* (Braja M. Das)
2. Analisis dan Perancangan Fondasi I (Hary Christady Hardiyatmo)
3. Analisis dan Perancangan Fondasi II (Hary Christady Hardiyatmo)
4. Struktur Beton (Nur Ahmad Husin)

Sedangkan peraturan-peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

1. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

3.5. Pengumpulan Data

Setelah melakukan studi literatur, maka langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perencanaan. Mengumpulkan data-data yang

dibutuhkan tidak hanya dari proyek, namun juga dari sumber lain. Data-data yang tersebut antara lain adalah:

1. Data Tanah

Data tanah didapat dari PT. PP Properti selaku pemilik proyek Grand Sungkono Lagoon. Data tanah tersebut berupa data hasil *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT). Data tanah ini digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan pondasi tiang.

2. Data Gedung

Data gedung didapat dari PT. PP Properti selaku pemilik proyek Grand Sungkono Lagoon. Data tersebut adalah sebagai berikut:

Nama gedung	: Caspian Tower
Lokasi gedung	: Kawasan superblock Grand Sungkono Lagoon Jl. Abdul Wahab Siamin kav. 9-10 Surabaya.
Fungsi gedung	: Apartmen
Jumlah lantai	: 48 lantai, 3 basement dan 1 semi basement
Panjang gedung	: 42,5 m
Lebar gedung	: 23,1 m
Tinggi gedung	: 173,3 m

3.6. Analisa Data Tanah (Stratigrafi Tanah)

Stratigrafi berasal dari bahasa Latin *strata* dan *grafia*, *strata* berarti perlapisan, sedangkan *grafia* berarti menggambarkan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia stratigrafi adalah geologi yang menelaah tentang lapisan batuan. Sementara geologi adalah ilmu yang mempelajari tentang komposisi, struktur dan sejarah bumi. Jadi stratigrafi tanah adalah studi mengenai komposisi dan struktur lapisan-lapisan tanah. Stratigrafi ini bertujuan untuk menentukan ketebalan setiap lapisan-lapisan tanah.

3.7. Permodelan Struktur Atas

Permodelan struktur atas ini digunakan untuk menghitung gaya-gaya yang diakibatkan beban dari struktur bagian atas. Untuk memodelkan struktur atas digunakan program bantu SAP2000 ver.17. Pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013. Hasil perhitungan ini digunakan sebagai beban rencana dalam mendesain pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor.

3.8. Perencanaan Pondasi Tiang

Pada perencanaan pondasi tiang menghitung daya dukung tiang akibat gaya aksial dan gaya lateral, penurunan yang terjadi dan tebal serta penulangan *pile cap*. Dalam menghitung daya dukung tiang akibat gaya aksial dan lateral dihitung baik tiang tunggal maupun kelompok tiang untuk tiang pancang maupun tiang bor. Hasil dari perencanaan ini berupa gambar rencana.

3.9. Analisa Perbandingan

Membandingkan hasil desain yang berupa gambar, dan hasil perhitungan biaya antara pekerjaan pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Berikut ini adalah hasil perencanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor:

4.1.1. Tiang Pancang D60

Tabel 4.1. Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang D60

Tiang Pancang D60			
Data tiang:			
	diameter	=	0,6 m
	kedalaman	=	52 m
	Qijin tunggal	=	236 Ton
	konfigurasi	=	17 x 28
	jumlah tiang	=	476 buah
	Qijin grup	=	105929,089 T
Data <i>pile cap</i> :			
	panjang	=	50,4 m
	lebar	=	30,6 m
	tebal	=	3,15 m
	tulangan arah x	=	4 D 29 - 100
	tulangan arah y	=	4 D 29 - 100
Penurunan:			
	penurunan segera		
	tiang tunggal	=	12,366 mm
	kelompok	=	86,561 mm
Biaya		=	Rp 25.664.632.225

4.1.2. Tiang Pancang D80

Tabel 4.2. Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang D80

Tiang Pancang D80			
Data tiang:			
	diameter	=	0,8 m
	kedalaman	=	58 m
	Qijin tunggal	=	357 Ton
	konfigurasi	=	14 x 22
	jumlah tiang	=	308 buah
	Qijin grup	=	106139,515 T
Data <i>pile cap</i> :			
	panjang	=	52,8 m
	lebar	=	33,6 m
	tebal	=	3,15 m
	tulangan arah x	=	4 D 29 - 100
	tulangan arah y	=	4 D 29 - 100
Penurunan:			
	penurunan segera		
	tiang tunggal	=	15,265 mm
	kelompok	=	96,545 mm
Biaya		=	Rp 27.945.960.313

4.1.3. Tiang Bor D80

Tabel 4.3. Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D80

Tiang bor D80			
Data tiang:			
	diameter	=	0,8 m
	kedalaman	=	70 m
	Qijin tunggal	=	335 Ton
	konfigurasi	=	12 x 21
	jumlah tiang	=	252 buah
	Qijin grup	=	104356,448 T
Data <i>pile cap</i> :			
	panjang	=	50,4 m
	lebar	=	28,8 m
	tebal	=	3,15 m
	tulangan arah x	=	4 D 29 - 100
	tulangan arah y	=	4 D 29 - 100
Penurunan:			
	penurunan segera		
	tiang tunggal	=	16,7 mm
	kelompok	=	97,376 mm
Biaya	=	Rp 21.829.636.539	

4.1.4. Tiang Bor D100

Tabel 4.4. Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D100

Tiang bor D100			
Data tiang:			
	diameter	=	1 m
	kedalaman	=	70 m
	Qijin tunggal	=	426 Ton
	konfigurasi	=	11 x 19
	jumlah tiang	=	209 buah
	Qijin grup	=	110355,203 T
Data <i>pile cap</i> :			
	panjang	=	57 m
	lebar	=	33 m
	tebal	=	3,15 m
	tulangan arah x	=	4 D 29 - 100
	tulangan arah y	=	4 D 29 - 100
Penurunan:			
	penurunan segera		
	tiang tunggal	=	17,219 mm
	kelompok	=	95,87 mm
Biaya		=	Rp 28.175.442.795

4.1.5. Tiang Bor D120

Tabel 4.5. Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Bor D120

Tiang bor D120			
Data tiang:			
	diameter	=	1,2 m
	kedalaman	=	70 m
	Qijin tunggal	=	516 Ton
	konfigurasi	=	10 x 17
	jumlah tiang	=	170 buah
	Qijin grup	=	109381,627 T
Data <i>pile cap</i> :			
	panjang	=	61,2 m
	lebar	=	36 m
	tebal	=	3,15 m
	tulangan arah x	=	4 D 29 - 100
	tulangan arah y	=	4 D 29 - 100
Penurunan:			
	penurunan segera		
	tiang tunggal	=	17,922 mm
	kelompok	=	94,832 mm
Biaya		=	Rp 32.928.042.244

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisa Data Tanah

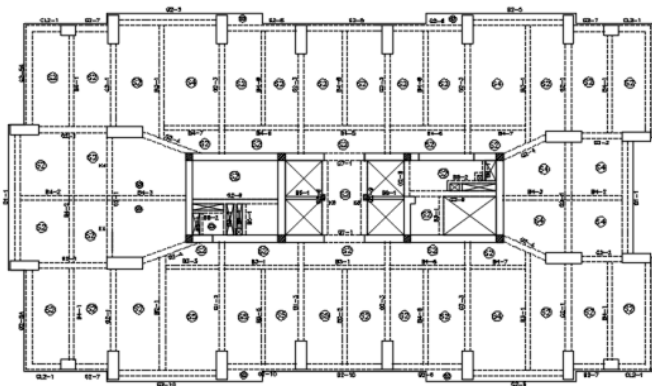
Data tanah yang didapat adalah hasil SPT dengan empat titik pengujian dan CPT dengan enam titik pengujian. Untuk lokasi pengujian dan data tanah dapat dilihat pada lampiran. Dalam perencanaan pondasi tiang ini data hasil CPT tidak digunakan karena kedalaman pengujian kurang dari 20 m. Sementara data hasil SPT mencapai kedalaman 80 m, sehingga lebih disarankan untuk menggunakan data hasil SPT sebagai

bahan perencanaan. Sebelum melakukan perencanaan, dilakukan stratigrafi tanah dari keempat data hasil SPT agar mengetahui lapisan-lapisan tanah di sekitar lokasi proyek. Stratigrafi tanah dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.2. Permodelan Struktur

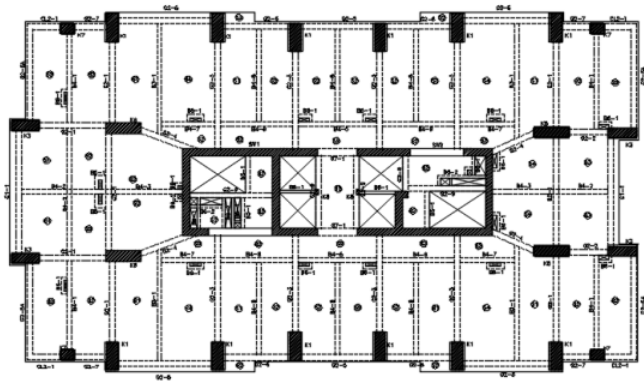
Permodelan struktur digunakan untuk mendapatkan reaksi perletakan yang dipakai sebagai beban bagi pondasi. Struktur yang dimodelkan adalah bangunan apartemen yang terdiri dari 48 lantai, 1 semi basement dan 3 basement, yang mana semi basement dan basement dimanfaatkan sebagai tempat parkir.

Denah dalam permodelan tugas akhir ini terdiri dari denah basement (B1, B2, B3), denah semi basement (Lower Ground/LG), denah lantai 1 (Ground Floor/GF), denah lantai 2-lantai 5, denah lantai 6-lantai 48 dan denah atap (Roof Top/RT). Gambar denah tersebut adalah sebagai berikut:

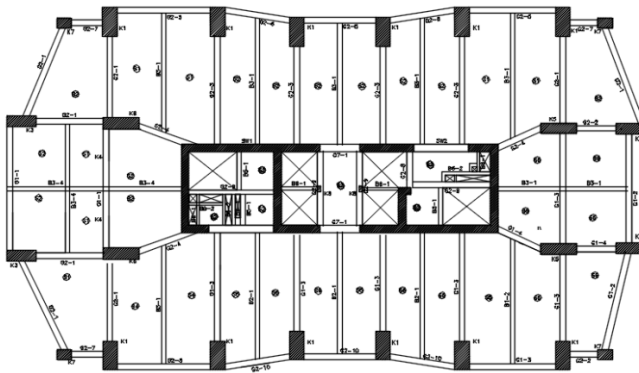


Gambar 4.1. Denah Pembalokan *Roof Top*.

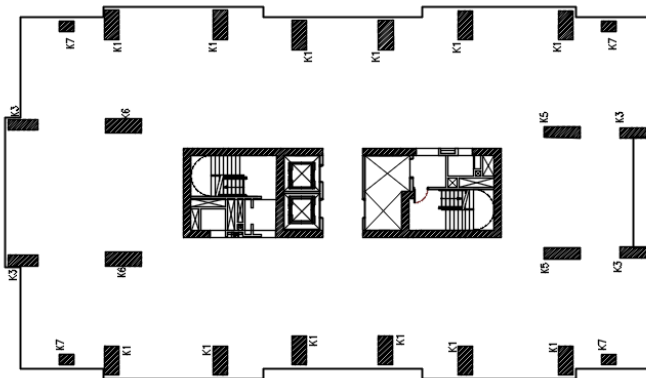
Sumber: Penggambaran



Gambar 4.2. Denah Pembalokan Lantai 6 – 48.
Sumber: Penggambaran



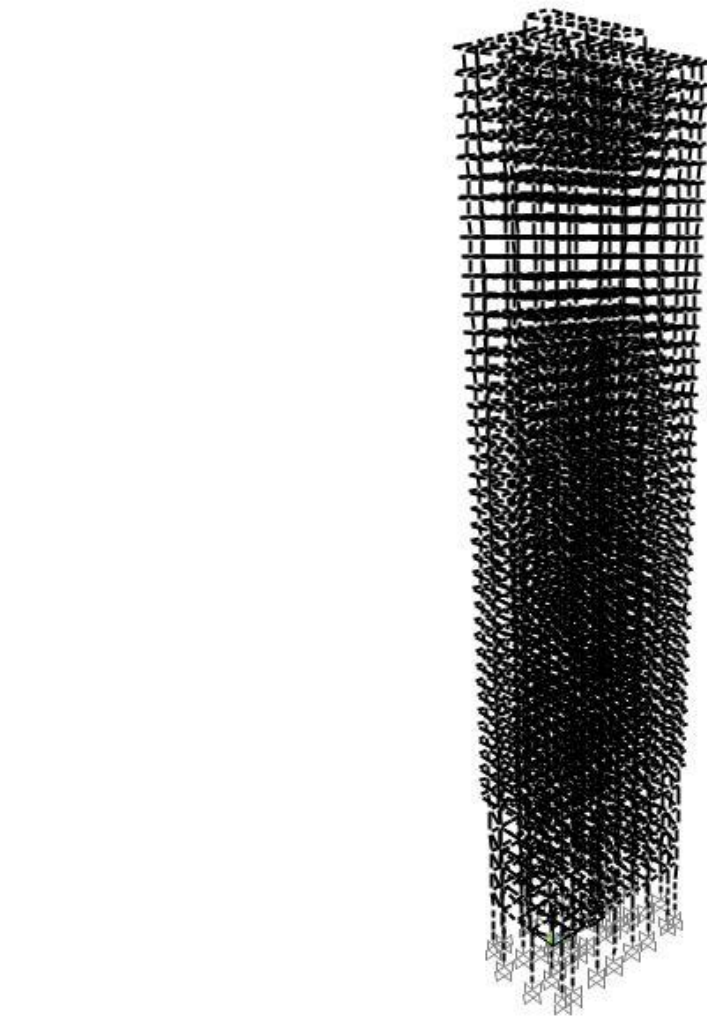
Gambar 4.3. Denah Pembalokan Lantai 1 – 5.
Sumber: Penggambaran



Gambar 4.4. Denah Pembalokan Semi Basement & Basement.
Sumber: Penggambaran

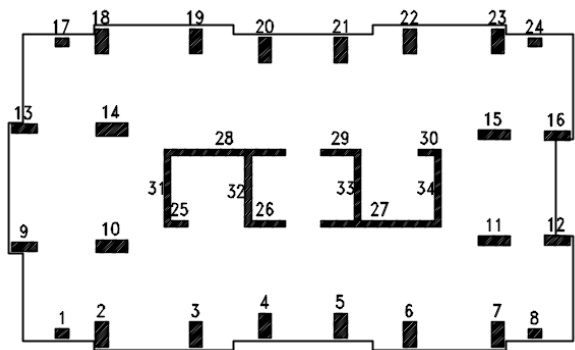
Permodelan struktur gedung apartemen Caspian Grand Sungkono Lagoon ini dilakukan menggunakan program bantu SAP2000 dengan pembebanan berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 tentang beban minimum perancangan dan SNI 1726-2012 tentang gempa.

Berikut adalah permodelan yang telah dibuat pada program bantu SAP2000:



Gambar 4.5. Permodelan Struktur Menggunakan SAP2000
Sumber: SAP2000

Dari permodelan tersebut terdapat 34 perletakan dengan penamaan sebagai berikut:



Gambar 4.6. Penamaan Titik-titik Reaksi
Sumber: Penggambaran

Tabel 4.6. Penamaan Titik-titik Reaksi

No. Titik	Beban dari	Jenis
1	K7	Kolom
2	K1	Kolom
3	K1	Kolom
4	K1	Kolom
5	K1	Kolom
6	K1	Kolom
7	K1	Kolom
8	K7	Kolom
9	K3	Kolom
10	K6	Kolom
11	K5	Kolom
12	K3	Kolom
13	K3	Kolom
14	K6	Kolom
15	K5	Kolom
16	K3	Kolom

17	K7	Kolom
18	K1	Kolom
19	K1	Kolom
20	K1	Kolom
21	K1	Kolom
22	K1	Kolom
23	K1	Kolom
24	K7	Kolom
25	SW1	Dinding Geser
26	SW1	Dinding Geser
27	SW2	Dinding Geser
28	SW1	Dinding Geser
29	SW2	Dinding Geser
30	SW2	Dinding Geser
31	SW1	Dinding Geser
32	SW1	Dinding Geser
33	SW2	Dinding Geser
34	SW2	Dinding Geser

4.2.2.1. Pembebanan Struktur Utama

Berdasarkan SNI 1727-2013, sebuah bangunan gedung harus mampu menahan beban-beban sebagai berikut:

1. Beban mati
Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi meliputi dinding, lantai, komponen arsitektural dan struktural lainnya sesuai dengan pasal 3.1.1.
2. Beban hidup
Beban hidup yang digunakan untuk apartemen $2,50 \text{ kN/m}^2$, untuk parkir dan atap $4,00 \text{ kN/m}^2$. Beban tersebut masih memenuhi beban minimum sesuai tabel 4-1 yaitu untuk apartemen $1,44 \text{ kN/m}^2$, untuk parkir $1,92 \text{ kN/m}^2$ dan untuk atap $0,96 \text{ kN/m}^2$.
3. Beban angin
Beban angin adalah $0,77 \text{ kN/m}^2$ dikalikan luas dinding bangunan sesuai dengan pasal 27.1.5.

4. Beban gempa

Beban gempa menggunakan *respons spectrum* wilayah Surabaya berdasarkan *puskim.pu.go.id* yaitu menggunakan nilai S_s 0,663 dan S_1 0,247 yang mana nilai ini masih memenuhi nilai berdasarkan SNI 1726-2012 gambar 9 dan gambar 10 untuk wilayah Surabaya yaitu $0,6 < S_s < 0,7$ dan $0,2 < S_1 < 0,25$.

4.2.2.2. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 2.3.2, struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + 1,0L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

4.2.2.3. Metode Permodelan dan Analisa Struktur

Langkah-langkah dalam memodelkan dan analisa struktur adalah sebagai berikut:

1. Membuka program SAP2000, dalam kasus ini penulis menggunakan SAP2000 ver. 17.
2. Membuat model baru melalui menu “*file - new model*”.
3. Memasukkan data material (data beton) melalui menu “*define – materials*”.
4. Memasukkan data balok, kolom, pelat dan lainnya melalui menu “*define – section properties*”.
5. Mengatur beban yang digunakan melalui menu “*define – load patterns, load case dan load combination*”.
6. Membuat permodelan sesuai desain melalui menu “*draw – draw frame dan draw area*”.

7. Memasukkan beban pada balok, pelat dan lainnya melalui menu “*assign – frame load dan area load*”.
8. Melakukan analisa melalui menu “*analyze – run analysis – run now*”.
9. Mengecek apakah terjadi *error* setelah proses analisa selesai, jika ada perlu dilakukan pengecekan kesalahan, jika tidak ada berarti analisa berhasil.
10. Menampilkan hasil reaksi perletakan melalui menu “*display – show tables – joint output*”.

4.2.2.4. Hasil Analisa Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 didapat hasil reaksi perletakan di masing-masing perletakan. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7. Reaksi Perletakan pada Setiap Kolom.

No. Titik	Kombinasi Beban	Aksial (T)			Momen (Tm)		
		x	y	z	x	y	z
1	1,4D	0,684	3,186	1047,786	-3,277	3,023	0,027
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	0,546	3,791	1104,710	-3,905	2,991	0,022
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	0,571	3,394	1032,318	-3,496	2,864	0,023
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-0,559	1,752	879,705	2,607	-1,961	0,059
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	1,711	3,696	1087,865	-4,529	8,208	0,047
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	0,922	4,255	1081,073	-6,661	4,476	0,050
	0,9D + 1,0W	-0,682	0,407	525,309	3,994	-2,862	0,054
	0,9D + 1,0Ex	1,592	2,351	735,444	-3,143	7,316	0,042
	0,9D + 1,0Ey	0,803	2,910	728,652	-5,275	3,585	0,045
2	1,4D	6,674	10,345	2747,145	-16,266	12,588	0,212
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	7,252	11,694	2881,485	-18,400	13,346	0,144
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	6,705	10,662	2697,642	-16,788	12,451	0,161
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	4,000	-2,389	2398,223	92,214	-0,790	0,286
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	9,301	13,224	2747,282	-34,625	27,055	0,366
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	7,518	17,352	2819,470	39,613	16,858	0,386
	0,9D + 1,0W	1,608	-6,377	1478,310	98,494	-5,095	0,263
	0,9D + 1,0Ex	6,920	9,247	1832,690	-28,368	22,776	0,344
	0,9D + 1,0Ey	5,137	13,375	1904,878	-66,784	12,579	0,365

3	1,4D	2,610	21,989	2798,798	-37,583	6,972	0,050
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	2,579	24,354	2959,486	-40,670	7,083	-0,035
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	2,471	22,363	2762,797	-37,672	6,715	-0,004
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-0,045	8,535	2514,137	71,814	-6,142	0,139
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	5,093	24,644	2794,942	-54,877	21,355	0,238
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	3,271	29,632	2859,105	-94,343	11,141	0,231
	0,9D + 1,0W	-0,821	0,371	1562,105	85,177	-8,335	0,177
	0,9D + 1,0Ex	4,325	16,509	1848,154	-41,581	19,181	0,277
	0,9D + 1,0Ey	2,503	21,497	1912,317	-81,047	8,967	0,269
4	1,4D	1,754	23,086	2743,045	-38,605	2,967	-0,455
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	1,893	25,565	2894,828	-41,514	3,060	-0,565
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	1,754	23,476	2704,341	-38,537	2,883	-0,501
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-0,759	9,761	2492,392	70,324	-9,922	-0,366
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	4,691	25,644	2721,834	-55,448	18,146	-0,732
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	2,647	30,816	2798,681	-95,050	7,523	-0,740
	0,9D + 1,0W	-1,379	1,192	1562,869	83,889	-10,883	-0,159
	0,9D + 1,0Ex	4,074	17,105	1797,507	-41,954	17,192	-0,525
	0,9D + 1,0Ey	2,029	22,278	1874,354	-81,556	6,569	-0,533
5	1,4D	-1,083	18,191	2728,561	-26,061	-2,301	-0,550
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1,215	20,391	2875,735	-28,053	-2,595	-0,666
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-1,111	18,643	2687,606	-26,026	-2,369	-0,595
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-3,329	6,118	2463,687	79,384	-14,587	-0,344
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-4,190	20,658	2705,612	-42,431	-17,981	-0,826
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-2,066	25,467	2780,489	-80,889	-7,154	-0,866
	0,9D + 1,0W	-2,917	-0,787	1541,463	88,558	-13,704	-0,105
	0,9D + 1,0Ex	-3,779	13,773	1788,528	-33,303	-17,101	-0,587
	0,9D + 1,0Ey	-1,655	18,582	1863,405	-71,761	-6,274	-0,627
6	1,4D	-0,558	13,753	2753,363	-16,768	-2,813	0,112
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-0,494	15,580	2899,326	-17,977	-2,986	0,032
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-0,495	14,191	2710,236	-16,695	-2,787	0,058
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-2,866	3,032	2510,584	85,360	-15,389	0,145
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-3,638	16,066	2739,913	-32,651	-18,617	0,277
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-1,456	20,485	2808,056	-69,848	-7,616	0,291
	0,9D + 1,0W	-2,736	-2,290	1581,600	91,216	-14,424	0,161
	0,9D + 1,0Ex	-3,510	10,757	1816,036	-26,822	-17,658	0,294
	0,9D + 1,0Ey	-1,329	15,176	1884,178	-64,019	-6,658	0,308
7	1,4D	-4,719	12,278	2714,748	-18,421	-8,945	-0,056
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-5,190	13,634	2829,382	-19,193	-9,725	-0,142
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-4,778	12,508	2654,223	-18,009	-8,992	-0,106
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-7,059	0,907	2425,176	85,569	-21,462	-0,104
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-7,988	14,415	2706,699	-34,123	-24,989	-0,312
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-5,762	18,865	2773,409	-71,219	-13,867	-0,324
	0,9D + 1,0W	-5,329	-3,673	1527,479	91,657	-18,253	-0,033
	0,9D + 1,0Ex	-6,265	9,850	1814,152	-28,071	-21,796	-0,241
	0,9D + 1,0Ey	-4,039	14,300	1880,862	-65,167	-10,673	-0,254

8	1,4D	-0,349	3,468	1027,361	-3,834	-2,213	0,007
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-0,226	4,046	1076,400	-4,378	-2,243	0,003
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-0,261	3,647	1007,838	-3,976	-2,129	0,004
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-1,253	2,066	954,514	1,902	-6,678	-0,027
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-1,650	3,900	1064,248	-4,894	-8,001	0,022
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-0,686	4,472	1057,750	-6,983	-3,919	0,025
	0,9D + 1,0W	-1,223	0,652	611,279	3,407	-5,985	-0,027
	0,9D + 1,0Ex	-1,623	2,487	722,901	-3,392	-7,314	0,022
	0,9D + 1,0Ey	-0,658	3,059	716,403	-5,481	-3,232	0,026
9	1,4D	9,399	1,043	2366,642	-1,016	15,719	-0,032
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	10,571	1,281	2501,813	-1,362	16,916	-0,069
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	9,655	1,135	2335,717	-1,175	15,701	-0,053
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	5,120	-1,647	2154,145	12,503	-17,826	0,002
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	14,684	1,681	2451,083	-3,526	54,942	-0,147
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	11,164	2,600	2375,948	-8,300	27,465	-0,159
	0,9D + 1,0W	1,530	-2,112	1349,561	13,027	-23,357	0,035
	0,9D + 1,0Ex	11,105	1,215	1650,918	-3,001	49,441	-0,114
	0,9D + 1,0Ey	7,585	2,134	1575,784	-7,775	21,964	-0,126
10	1,4D	13,872	2,269	3679,108	-5,221	35,969	0,108
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	14,636	2,361	3911,720	-5,718	37,843	0,008
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	13,683	2,220	3645,471	-5,279	35,422	0,042
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	1,390	-6,520	3317,036	35,776	-50,242	0,245
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	25,767	4,011	3765,003	-12,178	134,334	0,322
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	17,461	6,574	3734,553	-26,292	65,065	0,360
	0,9D + 1,0W	-3,310	-7,269	2052,149	37,675	-62,363	0,275
	0,9D + 1,0Ex	21,098	3,269	2507,136	-10,290	122,294	0,352
	0,9D + 1,0Ey	12,791	5,831	2476,686	-24,403	53,025	0,390
11	1,4D	-15,237	1,697	3034,043	-3,623	-39,435	-0,259
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-16,090	1,677	3219,378	-3,628	-41,760	-0,310
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-15,036	1,607	3001,936	-3,457	-38,976	-0,278
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-20,601	-2,808	2921,469	14,246	-97,469	-0,312
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-25,910	2,380	3109,507	-6,247	-116,355	-0,379
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-18,649	4,080	3077,705	-12,707	-62,386	-0,385
	0,9D + 1,0W	-15,430	-3,313	1882,461	15,352	-84,015	-0,201
	0,9D + 1,0Ex	-20,772	1,881	2076,167	-5,150	-102,979	-0,268
	0,9D + 1,0Ey	-13,510	3,581	2044,365	-11,610	-49,010	-0,275
12	1,4D	-10,446	1,762	2348,806	-2,320	-19,397	-0,149
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-11,641	1,999	2470,313	-2,491	-20,913	-0,191
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-10,667	1,820	2310,019	-2,311	-19,391	-0,168
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-14,165	-0,991	2336,382	11,088	-50,597	-0,163
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-16,312	2,295	2433,391	-4,427	-60,025	-0,257
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-12,427	3,262	2354,739	-9,086	-31,664	-0,264
	0,9D + 1,0W	-10,242	-1,675	1545,793	11,900	-43,748	-0,091
	0,9D + 1,0Ex	-12,403	1,613	1647,114	-3,619	-53,210	-0,185
	0,9D + 1,0Ey	-8,517	2,580	1568,461	-8,277	-24,849	-0,193

13	1,4D	9,939	-1,701	2364,439	2,173	17,078	-0,154
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	11,161	-1,946	2499,082	2,341	18,709	-0,197
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	10,199	-1,766	2333,272	2,169	17,260	-0,173
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	6,565	-4,643	2289,963	16,013	-14,822	-0,073
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	15,759	-2,309	2447,860	4,514	58,017	-0,273
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	11,893	-3,280	2373,914	9,394	29,463	-0,286
	0,9D + 1,0W	2,780	-3,973	1486,382	15,247	-21,036	0,001
	0,9D + 1,0Ex	11,985	-1,640	1648,686	3,751	51,833	-0,199
	0,9D + 1,0Ey	8,119	-2,611	1574,740	8,631	23,279	-0,213
14	1,4D	17,647	-3,736	3666,278	7,462	45,066	-0,591
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	18,633	-3,868	3894,387	7,596	48,323	-0,729
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	17,414	-3,642	3630,448	7,193	44,931	-0,647
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	9,847	-11,238	3687,244	46,578	-35,128	-0,332
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	31,045	-4,944	3749,394	13,592	147,938	-0,948
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	21,776	-7,946	3712,873	28,132	75,777	-0,987
	0,9D + 1,0W	3,859	-10,018	2429,076	44,222	-50,880	-0,066
	0,9D + 1,0Ex	25,095	-3,734	2498,219	11,254	132,280	-0,683
	0,9D + 1,0Ey	15,826	-6,736	2461,699	25,794	60,120	-0,722
15	1,4D	-11,715	-0,914	3045,627	2,486	-31,387	0,090
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-12,379	-0,880	3234,721	2,639	-32,639	0,056
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-11,566	-0,853	3015,302	2,465	-30,657	0,065
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-21,857	-6,064	3284,001	21,186	-97,250	0,084
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-21,471	-1,878	3121,765	5,497	-106,418	0,166
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-14,739	-3,357	3095,425	11,754	-53,379	0,179
	0,9D + 1,0W	-17,876	-5,806	2239,119	20,333	-86,915	0,077
	0,9D + 1,0Ex	-17,515	-1,624	2082,572	4,650	-96,149	0,160
	0,9D + 1,0Ey	-10,783	-3,103	2056,232	10,907	-43,109	0,173
16	1,4D	-9,644	-1,080	2350,963	1,155	-17,501	-0,024
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-10,780	-1,307	2472,789	1,491	-18,567	-0,061
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-9,868	-1,164	2312,290	1,302	-17,312	-0,045
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-14,719	-3,912	2487,075	14,576	-51,980	0,005
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-15,131	-1,662	2436,439	3,432	-57,245	-0,138
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-11,463	-2,554	2356,398	7,969	-29,279	-0,149
	0,9D + 1,0W	-11,077	-3,442	1695,628	14,016	-45,989	0,035
	0,9D + 1,0Ex	-11,501	-1,192	1649,314	2,871	-51,286	-0,108
	0,9D + 1,0Ey	-7,833	-2,085	1569,273	7,408	-23,319	-0,119
17	1,4D	0,169	-3,486	1043,124	3,785	1,941	-0,007
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	0,018	-4,088	1098,730	4,347	1,966	-0,012
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	0,073	-3,678	1027,034	3,939	1,868	-0,010
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-0,971	-5,304	1072,965	9,989	-2,931	0,036
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	1,496	-3,958	1081,576	4,938	7,873	-0,032
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	0,499	-4,549	1076,510	7,125	3,668	-0,042
	0,9D + 1,0W	-0,930	-3,869	720,815	8,487	-3,539	0,041
	0,9D + 1,0Ex	1,540	-2,524	731,382	3,439	7,272	-0,026
	0,9D + 1,0Ey	0,543	-3,115	726,317	5,626	3,067	-0,037

18	1,4D	4,933	-12,042	2723,444	17,856	8,788	-0,060
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	5,452	-13,432	2849,887	18,616	9,664	-0,144
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	5,010	-12,304	2670,131	17,464	8,903	-0,109
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	2,645	-24,031	2882,636	123,696	-4,231	0,122
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	8,296	-14,317	2717,147	34,632	25,256	-0,330
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	5,996	-18,900	2791,072	73,473	13,809	-0,364
	0,9D + 1,0W	0,820	-19,501	1974,874	117,787	-7,452	0,192
	0,9D + 1,0Ex	6,478	-9,801	1814,651	28,758	22,051	-0,259
	0,9D + 1,0Ey	4,179	-14,385	1888,576	67,599	10,603	-0,294
19	1,4D	0,074	-13,721	2777,650	16,247	1,793	0,125
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-0,064	-15,601	2933,236	17,465	1,934	0,049
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-0,010	-14,192	2739,491	16,204	1,799	0,073
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-2,505	-25,421	2914,288	119,577	-11,513	0,229
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-3,234	-16,114	2770,461	32,662	17,962	0,290
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-0,991	-20,640	2837,753	70,846	6,674	0,327
	0,9D + 1,0W	-2,442	-20,076	1971,880	113,874	-12,148	0,238
	0,9D + 1,0Ex	3,264	-10,781	1833,258	26,985	17,333	0,300
	0,9D + 1,0Ey	1,021	-15,307	1900,550	65,168	6,045	0,338
20	1,4D	0,927	-18,073	2732,573	25,940	1,575	-0,563
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	1,050	-20,269	2881,586	27,928	1,892	-0,679
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	0,957	-18,528	2692,645	25,908	1,694	-0,607
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-1,415	-31,052	2894,741	131,740	-11,285	-0,613
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	4,125	-20,572	2710,914	42,508	17,670	-0,818
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	1,915	-25,419	2786,528	81,329	6,518	-0,828
	0,9D + 1,0W	-1,774	-24,186	1970,136	122,606	-11,962	-0,370
	0,9D + 1,0Ex	3,767	-13,726	1791,484	33,418	16,995	-0,575
	0,9D + 1,0Ey	1,557	-18,573	1867,098	72,239	5,843	-0,586
21	1,4D	-1,930	-23,143	2739,687	38,850	-3,739	-0,463
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-2,079	-25,624	2889,504	41,759	-3,814	-0,573
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-1,928	-23,531	2699,842	38,769	-3,606	-0,509
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-4,604	-37,110	2888,605	146,921	-17,189	-0,397
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-4,971	-25,684	2717,384	55,503	-19,266	-0,724
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-2,858	-30,824	2793,863	94,769	-8,353	-0,759
	0,9D + 1,0W	-3,924	-28,522	1961,343	133,283	-16,004	-0,188
	0,9D + 1,0Ex	-4,294	-17,127	1795,282	41,935	-18,089	-0,515
	0,9D + 1,0Ey	-2,181	-22,267	1871,762	81,201	-7,176	-0,550
22	1,4D	-3,130	-21,828	2775,395	37,938	-8,075	0,051
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-3,176	-24,126	2926,452	40,988	-8,225	-0,035
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-3,013	-22,170	2734,375	37,986	-7,786	-0,004
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-5,686	-35,734	2958,146	145,747	-21,403	0,101
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-5,767	-24,367	2764,749	54,606	-22,874	-0,226
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-3,876	-29,266	2830,621	93,126	-12,374	-0,264
	0,9D + 1,0W	-4,704	-27,661	2019,275	132,299	-18,851	0,138
	0,9D + 1,0Ex	-4,793	-16,322	1831,024	41,226	-20,340	0,253
	0,9D + 1,0Ey	-2,903	-21,221	1896,896	79,746	-9,841	0,291

23	1,4D	-6,671	-10,792	2737,855	17,670	-13,197	0,229
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-7,216	-12,119	2859,620	19,810	-13,888	0,159
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-6,683	-11,074	2680,686	18,128	-12,988	0,175
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-9,486	-23,923	2960,720	124,316	-26,908	0,292
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-9,396	-13,435	2734,319	34,717	-28,023	0,382
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-7,559	-17,528	2800,232	71,592	-17,577	0,410
	0,9D + 1,0W	-7,116	-19,813	2051,531	117,605	-22,460	0,265
	0,9D + 1,0Ex	-7,038	-9,337	1830,334	28,032	-23,601	0,356
	0,9D + 1,0Ey	-5,200	-13,431	1896,247	64,907	-13,155	0,385
24	1,4D	-0,963	-3,162	1031,900	3,326	-3,497	0,031
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-0,859	-3,741	1081,979	3,931	-3,483	0,026
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-0,857	-3,357	1012,829	3,529	-3,326	0,026
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-2,047	-4,967	1158,523	9,473	-8,411	0,005
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-2,046	-3,632	1070,064	4,477	-8,827	0,045
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-1,235	-4,170	1061,885	6,514	-5,004	0,046
	0,9D + 1,0W	-1,818	-3,645	813,254	8,085	-7,354	-0,001
	0,9D + 1,0Ex	-1,822	-2,311	726,702	3,090	-7,781	0,039
	0,9D + 1,0Ey	-1,010	-2,849	718,523	5,127	-3,957	0,039
25	1,4D	17,059	65,997	2259,645	-2,210	2,296	0,041
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	5,444	66,588	2395,157	-2,151	1,180	0,060
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	1,521	23,787	1237,879	2,256	-0,135	0,046
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	11,996	89,644	3351,394	-2,232	1,922	0,064
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	11,101	83,985	3129,957	-2,254	1,789	0,057
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	20,996	94,436	3331,747	-2,772	2,917	0,065
	0,9D + 1,0W	9,381	95,027	3467,260	-2,713	1,801	0,084
	0,9D + 1,0Ex	5,480	52,414	2316,554	1,681	0,490	0,070
	0,9D + 1,0Ey	11,034	85,465	3168,391	-2,567	1,799	0,052
26	1,4D	3,748	62,998	1827,129	-2,324	1,371	0,082
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	9,924	67,692	1888,611	-2,675	1,547	0,090
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	9,947	39,169	1219,884	0,488	0,830	0,077
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	26,076	91,154	2614,682	-2,687	3,077	0,115
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	23,783	85,564	2443,491	-2,680	2,831	0,103
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	12,591	91,758	2661,875	-3,029	2,392	0,124
	0,9D + 1,0W	18,767	96,452	2723,357	-3,379	2,569	0,131
	0,9D + 1,0Ex	18,805	68,125	2059,699	-0,230	1,855	0,117
	0,9D + 1,0Ey	23,162	87,385	2477,261	-3,006	2,798	0,098
27	1,4D	-37,169	126,435	5428,590	-5,259	-3,740	-0,040
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-24,668	132,363	5542,424	-5,774	-2,702	-0,045
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-126,680	77,745	3380,693	2,042	-11,143	-0,022
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-48,093	183,236	7893,099	-6,513	-4,673	-0,073
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-44,119	171,971	7385,496	-6,471	-4,308	-0,064
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-53,259	183,878	7939,683	-6,989	-5,284	-0,067
	0,9D + 1,0W	-40,758	190,189	8053,517	-7,504	-4,246	-0,072
	0,9D + 1,0Ex	-142,818	135,958	5907,281	0,281	-12,692	-0,049
	0,9D + 1,0Ey	-43,363	175,637	7505,274	-7,222	-4,271	-0,058

28	1,4D	41,521	-173,231	7625,975	6,648	3,928	-0,060
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	46,133	-180,943	8030,337	5,866	4,320	-0,075
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	42,291	-169,767	7511,153	5,883	3,976	-0,066
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-63,698	-204,808	8976,462	12,721	-4,988	-0,082
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	53,903	-182,532	8093,600	6,425	5,170	-0,069
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	38,135	-188,632	8218,480	6,949	3,875	-0,073
	0,9D + 1,0W	-79,201	-147,256	6402,739	11,180	-6,428	-0,055
	0,9D + 1,0Ex	38,443	-125,366	5535,795	4,915	3,735	-0,041
	0,9D + 1,0Ey	22,675	-131,465	5660,674	5,439	2,441	-0,044
29	1,4D	-24,461	-87,926	2487,830	3,047	-2,933	0,097
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-27,457	-91,645	2624,440	2,725	-3,217	0,114
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-25,072	-86,044	2452,955	2,717	-2,963	0,102
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-30,756	-102,780	2816,921	5,111	-3,997	0,088
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-13,942	-92,036	2666,636	3,056	-2,544	0,122
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-20,500	-96,845	2729,487	3,409	-2,742	0,129
	0,9D + 1,0W	-21,450	-73,691	1974,410	4,382	-2,928	0,048
	0,9D + 1,0Ex	-4,656	-63,142	1829,181	2,340	-1,479	0,082
	0,9D + 1,0Ey	-11,213	-67,950	1892,032	2,694	-1,676	0,089
30	1,4D	-10,132	-87,316	3022,856	3,027	-1,748	0,052
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-11,047	-91,420	3190,398	2,757	-1,864	0,064
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-10,213	-85,689	2981,544	2,729	-1,736	0,057
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-16,048	-115,588	3711,424	6,405	-2,966	0,043
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-19,405	-95,590	3165,243	3,211	-2,788	0,065
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-9,120	-96,174	3284,616	3,169	-1,789	0,083
	0,9D + 1,0W	-12,392	-86,446	2686,740	5,649	-2,361	0,019
	0,9D + 1,0Ex	-15,770	-66,734	2146,739	2,469	-2,187	0,041
	0,9D + 1,0Ey	-5,485	-67,221	2266,112	2,427	-1,187	0,059
31	1,4D	3,009	-6,519	3519,714	0,625	2,446	-0,010
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	3,078	-7,352	3714,389	0,677	2,451	-0,011
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	2,911	-6,719	3471,799	0,627	2,336	-0,010
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	2,020	-80,141	3081,395	8,443	1,114	-0,016
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	3,074	-2,668	3846,168	0,412	3,286	-0,011
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	3,119	-11,536	3656,978	1,182	2,720	-0,010
	0,9D + 1,0W	1,060	-77,637	1888,475	8,221	0,366	-0,013
	0,9D + 1,0Ex	2,122	-0,176	2660,615	0,190	2,545	-0,008
	0,9D + 1,0Ey	2,167	-9,043	2471,425	0,961	1,979	-0,007
32	1,4D	1,252	15,560	3473,190	-1,765	0,746	0,033
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	1,268	15,894	3656,528	-1,860	0,711	0,035
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	1,201	15,039	3420,355	-1,739	0,689	0,033
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	0,757	-24,334	3480,686	3,530	-0,214	0,027
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	0,980	26,400	3597,904	-2,482	0,410	0,034
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	1,204	21,774	3572,374	-2,389	0,649	0,035
	0,9D + 1,0W	0,366	-29,281	2309,024	4,127	-0,420	0,016
	0,9D + 1,0Ex	0,592	21,493	2433,482	-1,889	0,207	0,022
	0,9D + 1,0Ey	0,816	16,866	2407,951	-1,796	0,446	0,024

33	1,4D	-1,360	-15,085	3494,079	1,739	-0,879	0,033
	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1,388	-15,398	3675,582	1,832	-0,856	0,035
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-1,311	-14,572	3438,940	1,713	-0,823	0,033
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-1,750	-53,541	3359,472	6,931	-1,722	0,038
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-1,089	-25,758	3605,893	2,450	-0,553	0,034
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-1,321	-21,356	3587,759	2,365	-0,790	0,035
	0,9D + 1,0W	-1,318	-48,751	2182,620	6,343	-1,469	0,027
	0,9D + 1,0Ex	-0,660	-21,008	2436,267	1,866	-0,302	0,022
	0,9D + 1,0Ey	-0,892	-16,605	2418,133	1,781	-0,539	0,024
	1,4D	-2,898	6,641	3574,669	-0,640	-2,334	-0,011
34	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-2,947	7,459	3762,978	-0,692	-2,319	-0,012
	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-2,793	6,825	3519,807	-0,641	-2,217	-0,011
	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-3,623	-64,542	3865,767	6,983	-3,383	-0,004
	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	-2,947	2,976	3881,712	-0,445	-2,621	-0,012
	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-2,994	11,530	3698,127	-1,180	-2,424	-0,011
	0,9D + 1,0W	-2,710	-67,073	2660,147	7,210	-2,681	0,000
	0,9D + 1,0Ex	-2,041	0,456	2683,450	-0,219	-2,456	-0,008
	0,9D + 1,0Ey	-2,088	9,009	2499,865	-0,955	-1,900	-0,008

Sementara reaksi perletakan total dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8. Reaksi Perletakan Total

No.	Kombinasi Beban	Aksial (T)			Momen (Tm)		
		x	y	z	x	y	z
1	1,4D	-7,196	-93,058	96692,020	4,780	0,131	-2,106
2	1,2D + 1,6Lr + 1,0L	-105,978	-200,819	91733,498	17,714	-9,013	-2,945
3	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	0,722	-97,391	101727,392	2,331	2,139	-3,654
4	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr	-207,480	-477,282	101997,659	1511,293	-611,946	-0,784
5	1,2D + 1,0Ey + 1,0L	-9,857	-11,741	103719,177	114,973	15,392	-3,804
6	1,2D + 1,0Ex + 1,0L	11,602	-27,945	102465,551	2,341	50,809	-3,729
7	0,9D + 1,0W	-213,389	-343,852	72901,979	1505,708	-613,410	0,897
8	0,9D + 1,0Ey	-0,714	81,700	73625,373	-1,044	14,279	-1,668
9	0,9D + 1,0Ex	-94,57414	1,9590954	70478,717	12,121076	38,37538	-1,59801

Catatan: angka berwarna **biru** adalah nilai maksimum.

4.2.3. Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang

4.2.3.1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Berdasarkan metode Tomlinson (1977)

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c$$

$$N_c = 9 \quad (\phi = 0)$$

$$Q_s = \sum \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$\alpha = \text{faktor adhesi} \quad (\text{McClelland, 1974})$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ijin} = Q_p/3 + Q_s/1,5$$

Berikut contoh perhitungan daya dukung tanah pada kedalaman 10 m menggunakan pondasi tiang pancang D80 berdasarkan hasil SPT pada Titik DB-3.

Data tiang pancang :

$$D = 0,8 \quad \text{m}$$

$$A_p = 0,503 \quad \text{m}^2$$

$$O = 2,513 \quad \text{m}$$

Depth (m)	N_{SPT}	c_u (T/m ²)	α
2	4	1,60	1,00
4	12	4,80	0,70
6	42	16,80	0,28
8	12	4,80	0,70
10	15	6,00	0,60

$$c_u = (4 - 6 N) \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Stroud \& Butler, 1975})$$

$$= 4 \times 15 / 10$$

$$= 6 \text{ T/m}^2$$

$$Q_p = 0,8 \times 0,785 \times 6 \times 9$$

$$= 27,143 \quad \text{T}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 1 \times 1,6 \times 2,513 \times 2 + 0,7 \times 4,8 \times 2,513 \times 2 + 0,28 \\
 &\quad \times 16,8 \times 2,513 \times 2 + 0,7 \times 4,8 \times 2,513 \times 2 + 0,6 \times \\
 &\quad 6 \times 2,513 \times 2 \\
 &= 83,561 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= 27,143 + 83,561 \\
 &= 110,705 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= 27,143/3 + 83,561/1,5 \\
 &= 9,048 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan daya dukung seperti contoh perhitungan di atas pada setiap kedalaman dan data tanah. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung tiang pancang D60

Tabel 4.9. Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-1

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	2	0,80	1,00	2,036	3,016	5,052	2,689
4	5	2,00	1,00	5,089	10,556	15,645	8,734
6	7	2,80	0,97	7,125	20,795	27,920	16,238
8	8	3,20	0,87	8,143	31,290	39,433	23,575
10	10	4,00	0,76	10,179	42,751	52,930	31,893
12	12	4,80	0,70	12,215	55,418	67,632	41,017
14	8	3,20	0,87	8,143	65,913	74,056	46,656
16	9	3,60	0,83	9,161	77,178	86,339	54,505
18	16	6,40	0,58	16,286	91,172	107,458	66,210
20	17	6,80	0,56	17,304	105,527	122,831	76,120
22	18	7,20	0,51	18,322	119,370	137,692	85,688
24	17	6,80	0,56	17,304	133,726	151,030	94,919
26	19	7,60	0,48	19,340	147,479	166,819	104,766
28	20	8,00	0,43	20,358	160,447	180,805	113,751
30	21	8,40	0,41	21,375	173,431	194,806	122,746

32	18	7,20	0,51	18,322	187,274	205,596	130,957
34	17	6,80	0,56	17,304	201,630	218,934	140,188
36	22	8,80	0,39	22,393	214,568	236,962	150,510
38	23	9,20	0,38	23,411	227,748	251,159	159,636
40	23	9,20	0,38	23,411	240,927	264,339	168,422
42	25	10,00	0,36	25,447	254,499	279,946	178,148
44	26	10,40	0,35	26,465	268,222	294,686	187,636
46	24	9,60	0,37	24,429	281,612	306,041	195,885
48	25	10,00	0,36	25,447	295,184	320,631	205,272
50	26	10,40	0,35	26,465	308,907	335,371	214,759

Tabel 4.10. Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-2

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	5	2,00	1,00	5,089	7,540	12,629	6,723
4	23	9,20	0,38	23,411	20,719	44,131	21,617
6	12	4,80	0,70	12,215	33,386	45,601	26,329
8	11	4,40	0,73	11,197	45,495	56,692	34,062
10	12	4,80	0,70	12,215	58,162	70,377	42,846
12	14	5,60	0,64	14,250	71,674	85,924	52,532
14	15	6,00	0,60	15,268	85,245	100,513	61,920
16	15	6,00	0,60	15,268	98,817	114,085	70,967
18	15	6,00	0,60	15,268	112,389	127,657	80,015
20	17	6,80	0,56	17,304	126,744	144,048	90,264
22	15	6,00	0,60	15,268	140,316	155,584	98,633
24	16	6,40	0,58	16,286	154,310	170,596	108,302
26	17	6,80	0,56	17,304	168,666	185,970	118,212
28	19	7,60	0,48	19,340	182,418	201,758	128,059
30	19	7,60	0,48	19,340	196,171	215,511	137,227
32	18	7,20	0,51	18,322	210,014	228,336	146,117
34	18	7,20	0,51	18,322	223,857	242,179	155,345
36	16	6,40	0,58	16,286	237,851	254,137	163,996
38	15	6,00	0,60	15,268	251,423	266,691	172,705
40	20	8,00	0,43	20,358	264,391	284,749	183,047
42	20	8,00	0,43	20,358	277,360	297,717	191,692
44	20	8,00	0,43	20,358	290,328	310,686	200,338
46	21	8,40	0,41	21,375	303,312	324,687	209,333

48	21	8,40	0,41	21,375	316,296	337,671	217,989
50	22	8,80	0,39	22,393	329,234	351,627	226,954
52	23	9,20	0,38	23,411	342,413	365,825	236,079
54	27	10,80	0,33	27,483	355,849	383,332	246,394
56	27	10,80	0,33	27,483	369,285	396,768	255,351
58	28	11,20	0,32	28,501	382,797	411,297	264,698
60	28	11,20	0,32	28,501	396,308	424,809	273,706
62	29	11,60	0,31	29,518	409,865	439,383	283,083
64	29	11,60	0,31	29,518	423,421	452,940	292,120
66	30	12,00	0,30	30,536	436,993	467,529	301,507
68	30	12,00	0,30	30,536	450,565	481,101	310,555
70	29	11,60	0,31	29,518	464,121	493,640	319,254
72	30	12,00	0,30	30,536	477,693	508,229	328,641
74	30	12,00	0,30	30,536	491,265	521,801	337,689
76	30	12,00	0,30	30,536	504,836	535,373	346,736
78	31	12,40	0,29	31,554	518,393	549,947	356,113
80	31	12,40	0,29	31,554	531,950	563,504	365,151

Tabel 4.11. Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-3

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	4	1,60	1,00	4,072	6,032	10,103	5,378
4	12	4,80	0,70	12,215	18,699	30,913	16,537
6	42	16,80	0,28	42,751	36,432	79,183	38,539
8	12	4,80	0,70	12,215	49,099	61,314	36,804
10	15	6,00	0,60	15,268	62,671	77,939	46,870
12	15	6,00	0,60	15,268	76,243	91,511	55,918
14	17	6,80	0,56	17,304	90,599	107,902	66,167
16	19	7,60	0,48	19,340	104,351	123,691	76,014
18	16	6,40	0,58	16,286	118,345	134,631	84,325
20	20	8,00	0,43	20,358	131,314	151,671	94,328
22	22	8,80	0,39	22,393	144,252	166,645	103,632
24	22	8,80	0,39	22,393	157,190	179,583	112,258
26	23	9,20	0,38	23,411	170,370	193,781	121,384
28	23	9,20	0,38	23,411	183,549	206,961	130,170
30	24	9,60	0,37	24,429	196,940	221,369	139,436
32	24	9,60	0,37	24,429	210,331	234,760	148,364

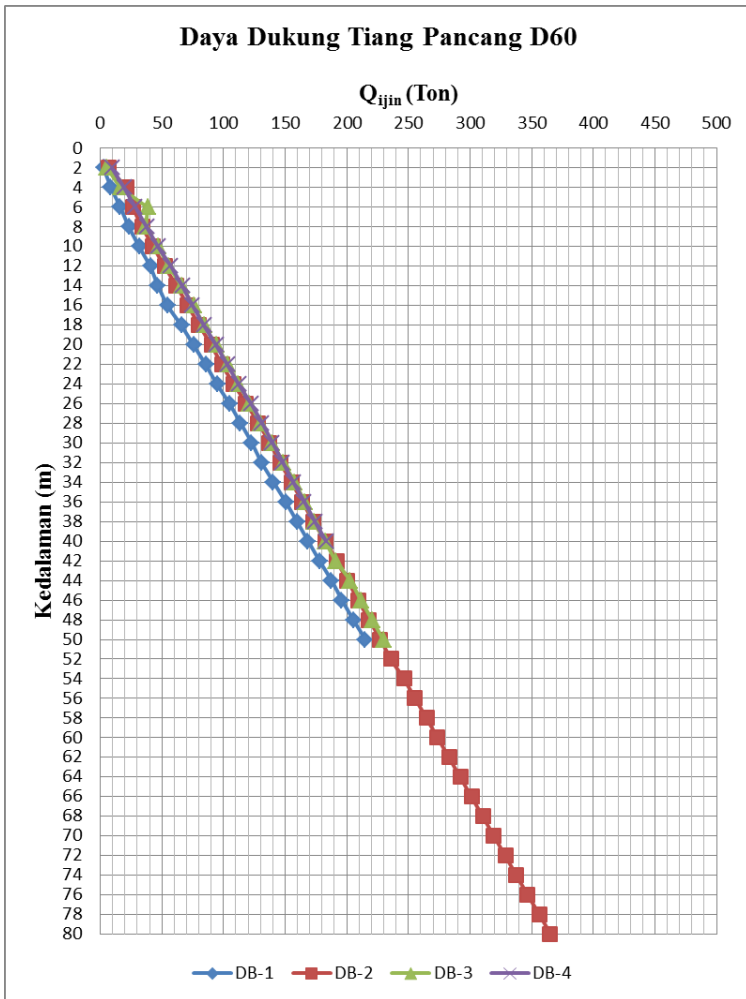
34	25	10,00	0,36	25,447	223,903	249,349	157,751
36	23	9,20	0,38	23,411	237,082	260,493	165,858
38	20	8,00	0,43	20,358	250,051	270,408	173,486
40	21	8,40	0,41	21,375	263,034	284,410	182,481
42	21	8,40	0,41	21,375	276,018	297,393	191,137
44	29	11,60	0,31	29,518	289,574	319,093	202,889
46	28	11,20	0,32	28,501	303,086	331,586	211,557
48	28	11,20	0,32	28,501	316,597	345,098	220,565
50	29	11,60	0,31	29,518	330,154	359,672	229,942

Tabel 4.12. Daya Dukung Tiang Pancang D60 Berdasarkan DB-4

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	8	3,20	0,87	8,143	10,495	18,638	9,711
4	12	4,80	0,70	12,215	23,162	35,377	19,513
6	13	5,20	0,66	13,232	36,101	49,333	28,478
8	14	5,60	0,64	14,250	49,612	63,862	37,825
10	15	6,00	0,60	15,268	63,184	78,452	47,212
12	18	7,20	0,51	18,322	77,027	95,349	57,458
14	19	7,60	0,48	19,340	90,779	110,119	66,966
16	15	6,00	0,60	15,268	104,351	119,619	74,657
18	16	6,40	0,58	16,286	118,345	134,631	84,325
20	18	7,20	0,51	18,322	132,188	150,510	94,233
22	18	7,20	0,51	18,322	146,031	164,353	103,461
24	18	7,20	0,51	18,322	159,874	178,196	112,690
26	21	8,40	0,41	21,375	172,858	194,233	122,364
28	21	8,40	0,41	21,375	185,842	207,217	131,019
30	21	8,40	0,41	21,375	198,825	220,201	139,675
32	20	8,00	0,43	20,358	211,794	232,151	147,982
34	20	8,00	0,43	20,358	224,762	245,120	156,627
36	21	8,40	0,41	21,375	237,746	259,121	165,622
38	21	8,40	0,41	21,375	250,729	272,105	174,278
40	22	8,80	0,39	22,393	263,668	286,061	183,243

Tabel 4.13. Rekap Daya Dukung Tiang Pancang D60

Depth (m)	DB-1 (T)	DB-2 (T)	DB-3 (T)	DB-4 (T)
2	2,689	6,723	5,378	9,711
4	8,734	21,617	16,537	19,513
6	16,238	26,329	38,539	28,478
8	23,575	34,062	36,804	37,825
10	31,893	42,846	46,870	47,212
12	41,017	52,532	55,918	57,458
14	46,656	61,920	66,167	66,966
16	54,505	70,967	76,014	74,657
18	66,210	80,015	84,325	84,325
20	76,120	90,264	94,328	94,233
22	85,688	98,633	103,632	103,461
24	94,919	108,302	112,258	112,690
26	104,766	118,212	121,384	122,364
28	113,751	128,059	130,170	131,019
30	122,746	137,227	139,436	139,675
32	130,957	146,117	148,364	147,982
34	140,188	155,345	157,751	156,627
36	150,510	163,996	165,858	165,622
38	159,636	172,705	173,486	174,278
40	168,422	183,047	182,481	183,243
42	178,148	191,692	191,137	
44	187,636	200,338	202,889	
46	195,885	209,333	211,557	
48	205,272	217,989	220,565	
50	214,759	226,954	229,942	
52		236,079		
54		246,394		
56		255,351		
58		264,698		
60		273,706		
62		283,083		
64		292,120		
66		301,507		
68		310,555		
70		319,254		
72		328,641		
74		337,689		
76		346,736		
78		356,113		
80		365,151		



Gambar 4.7. Daya Dukung Tiang Pancang D60

Direncanakan berdasarkan kemampuan tiang:

P_{max} Tiang = 238 T

maka direncanakan:

Q_{ijin} = 236 T

Kedalaman = 52 m

2. Daya dukung tiang pancang D80

Tabel 4.14. Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-1

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	2	0,80	1,00	3,619	4,021	7,640	3,887
4	5	2,00	1,00	9,048	14,074	23,122	12,399
6	7	2,80	0,97	12,667	27,726	40,393	22,707
8	8	3,20	0,87	14,476	41,720	56,197	32,639
10	10	4,00	0,76	18,096	57,001	75,097	44,033
12	12	4,80	0,70	21,715	73,890	95,605	56,498
14	8	3,20	0,87	14,476	87,884	102,361	63,415
16	9	3,60	0,83	16,286	102,903	119,190	74,031
18	16	6,40	0,58	28,953	121,562	150,515	90,692
20	17	6,80	0,56	30,762	140,703	171,466	104,056
22	18	7,20	0,51	32,572	159,161	191,733	116,964
24	17	6,80	0,56	30,762	178,302	209,064	129,122
26	19	7,60	0,48	34,382	196,639	231,020	142,553
28	20	8,00	0,43	36,191	213,930	250,121	154,684
30	21	8,40	0,41	38,001	231,241	269,242	166,828
32	18	7,20	0,51	32,572	249,699	282,271	177,323
34	17	6,80	0,56	30,762	268,840	299,602	189,481
36	22	8,80	0,39	39,810	286,091	325,901	203,997
38	23	9,20	0,38	41,620	303,664	345,284	216,316
40	23	9,20	0,38	41,620	321,237	362,856	228,031
42	25	10,00	0,36	45,239	339,332	384,571	241,301
44	26	10,40	0,35	47,048	357,629	404,677	254,102
46	24	9,60	0,37	43,429	375,483	418,913	264,799
48	25	10,00	0,36	45,239	393,579	438,818	277,465
50	26	10,40	0,35	47,048	411,875	458,924	290,266

Tabel 4.15. Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-2

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	5	2,00	1,00	9,048	10,053	19,101	9,718
4	23	9,20	0,38	41,620	27,626	69,246	32,291
6	12	4,80	0,70	21,715	44,515	66,230	36,915
8	11	4,40	0,73	19,905	60,660	80,566	47,075

10	12	4,80	0,70	21,715	77,550	99,264	58,938
12	14	5,60	0,64	25,334	95,565	120,899	72,154
14	15	6,00	0,60	27,143	113,660	140,804	84,821
16	15	6,00	0,60	27,143	131,756	158,899	96,885
18	15	6,00	0,60	27,143	149,851	176,995	108,949
20	17	6,80	0,56	30,762	168,993	199,755	122,916
22	15	6,00	0,60	27,143	187,088	214,231	133,773
24	16	6,40	0,58	28,953	205,747	234,700	146,815
26	17	6,80	0,56	30,762	224,888	255,650	160,179
28	19	7,60	0,48	34,382	243,225	277,606	173,610
30	19	7,60	0,48	34,382	261,561	295,943	185,835
32	18	7,20	0,51	32,572	280,019	312,591	197,537
34	18	7,20	0,51	32,572	298,476	331,048	209,842
36	16	6,40	0,58	28,953	317,135	346,088	221,074
38	15	6,00	0,60	27,143	335,231	362,374	232,535
40	20	8,00	0,43	36,191	352,522	388,713	247,078
42	20	8,00	0,43	36,191	369,813	406,004	258,606
44	20	8,00	0,43	36,191	387,105	423,296	270,133
46	21	8,40	0,41	38,001	404,416	442,417	282,278
48	21	8,40	0,41	38,001	421,727	459,728	293,819
50	22	8,80	0,39	39,810	438,979	478,789	305,922
52	23	9,20	0,38	41,620	456,551	498,171	318,241
54	27	10,80	0,33	48,858	474,466	523,324	332,597
56	27	10,80	0,33	48,858	492,381	541,239	344,540
58	28	11,20	0,32	50,668	510,396	561,063	357,153
60	28	11,20	0,32	50,668	528,411	579,078	369,163
62	29	11,60	0,31	52,477	546,486	598,963	381,817
64	29	11,60	0,31	52,477	564,562	617,039	393,867
66	30	12,00	0,30	54,287	582,657	636,944	406,534
68	30	12,00	0,30	54,287	600,753	655,040	418,598
70	29	11,60	0,31	52,477	618,828	671,306	430,045
72	30	12,00	0,30	54,287	636,924	691,211	442,712
74	30	12,00	0,30	54,287	655,020	709,306	454,775
76	30	12,00	0,30	54,287	673,115	727,402	466,839
78	31	12,40	0,29	56,096	691,191	747,287	479,492
80	31	12,40	0,29	56,096	709,266	765,362	491,543

Tabel 4.16. Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-3

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	4	1,60	1,00	7,238	8,042	15,281	7,774
4	12	4,80	0,70	21,715	24,932	46,646	23,859
6	42	16,80	0,28	76,001	48,577	124,578	57,718
8	12	4,80	0,70	21,715	65,466	87,180	50,882
10	15	6,00	0,60	27,143	83,561	110,705	64,755
12	15	6,00	0,60	27,143	101,657	128,800	76,819
14	17	6,80	0,56	30,762	120,798	151,560	90,786
16	19	7,60	0,48	34,382	139,135	173,516	104,217
18	16	6,40	0,58	28,953	157,793	186,746	114,847
20	20	8,00	0,43	36,191	175,085	211,276	128,787
22	22	8,80	0,39	39,810	192,336	232,146	141,494
24	22	8,80	0,39	39,810	209,587	249,397	152,995
26	23	9,20	0,38	41,620	227,160	268,780	165,313
28	23	9,20	0,38	41,620	244,733	286,352	177,028
30	24	9,60	0,37	43,429	262,587	306,016	189,534
32	24	9,60	0,37	43,429	280,441	323,871	201,437
34	25	10,00	0,36	45,239	298,537	343,776	214,104
36	23	9,20	0,38	41,620	316,110	357,729	224,613
38	20	8,00	0,43	36,191	333,401	369,592	234,331
40	21	8,40	0,41	38,001	350,712	388,713	246,475
42	21	8,40	0,41	38,001	368,024	406,024	258,016
44	29	11,60	0,31	52,477	386,099	438,576	274,892
46	28	11,20	0,32	50,668	404,114	454,782	286,299
48	28	11,20	0,32	50,668	422,130	472,797	298,309
50	29	11,60	0,31	52,477	440,205	492,682	310,962

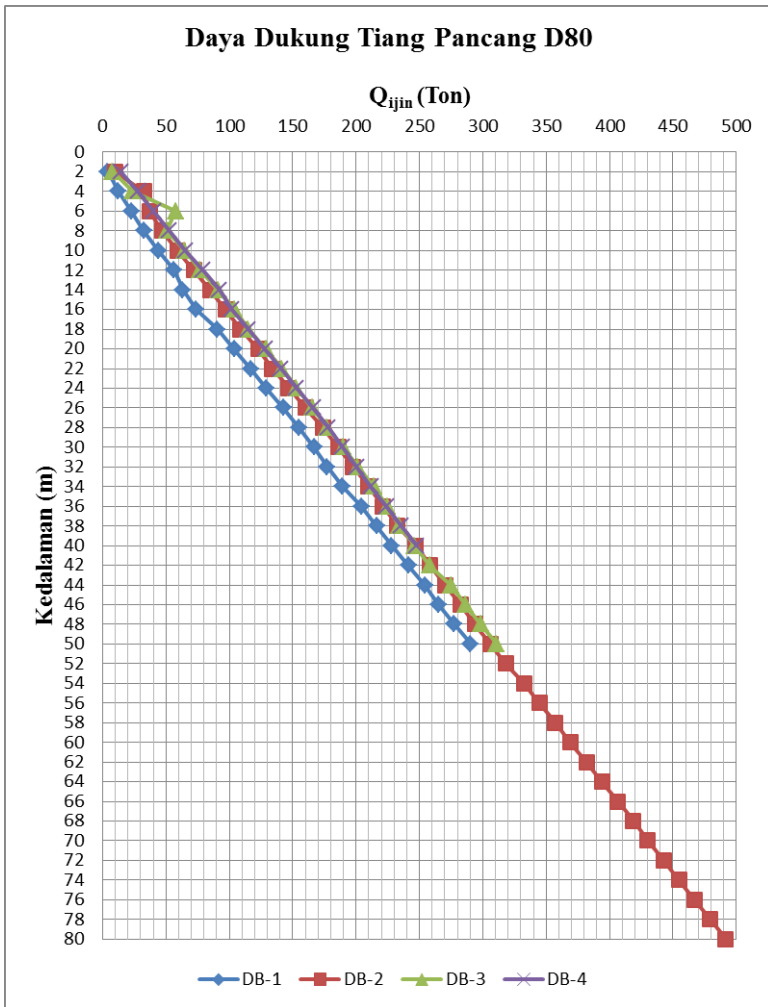
Tabel 4.17. Daya Dukung Tiang Pancang D80 Berdasarkan DB-4

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	α	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	8	3,20	0,87	14,476	13,994	28,470	14,155
4	12	4,80	0,70	21,715	30,883	52,598	27,827
6	13	5,20	0,66	23,524	48,134	71,658	39,931
8	14	5,60	0,64	25,334	66,149	91,483	52,544
10	15	6,00	0,60	27,143	84,245	111,388	65,211

12	18	7,20	0,51	32,572	102,702	135,274	79,326
14	19	7,60	0,48	34,382	121,039	155,421	92,153
16	15	6,00	0,60	27,143	139,135	166,278	101,804
18	16	6,40	0,58	28,953	157,793	186,746	114,847
20	18	7,20	0,51	32,572	176,251	208,823	128,358
22	18	7,20	0,51	32,572	194,708	227,280	140,663
24	18	7,20	0,51	32,572	213,166	245,738	152,968
26	21	8,40	0,41	38,001	230,477	268,478	166,318
28	21	8,40	0,41	38,001	247,789	285,789	177,859
30	21	8,40	0,41	38,001	265,100	303,101	189,400
32	20	8,00	0,43	36,191	282,391	318,583	200,325
34	20	8,00	0,43	36,191	299,683	335,874	211,852
36	21	8,40	0,41	38,001	316,994	354,995	223,996
38	21	8,40	0,41	38,001	334,306	372,306	235,537
40	22	8,80	0,39	39,810	351,557	391,367	247,641

Tabel 4.18. Rekap Daya Dukung Tiang Pancang D80

Depth (m)	DB-1 (T)	DB-2 (T)	DB-3 (T)	DB-4 (T)
2	3,887	9,718	7,774	14,155
4	12,399	32,291	23,859	27,827
6	22,707	36,915	57,718	39,931
8	32,639	47,075	50,882	52,544
10	44,033	58,938	64,755	65,211
12	56,498	72,154	76,819	79,326
14	63,415	84,821	90,786	92,153
16	74,031	96,885	104,217	101,804
18	90,692	108,949	114,847	114,847
20	104,056	122,916	128,787	128,358
22	116,964	133,773	141,494	140,663
24	129,122	146,815	152,995	152,968
26	142,553	160,179	165,313	166,318
28	154,684	173,610	177,028	177,859
30	166,828	185,835	189,534	189,400
32	177,323	197,537	201,437	200,325
34	189,481	209,842	214,104	211,852
36	203,997	221,074	224,613	223,996
38	216,316	232,535	234,331	235,537
40	228,031	247,078	246,475	247,641
42	241,301	258,606	258,016	
44	254,102	270,133	274,892	
46	264,799	282,278	286,299	
48	277,465	293,819	298,309	
50	290,266	305,922	310,962	
52		318,241		
54		332,597		
56		344,540		
58		357,153		
60		369,163		
62		381,817		
64		393,867		
66		406,534		
68		418,598		
70		430,045		
72		442,712		
74		454,775		
76		466,839		
78		479,492		
80		491,543		



Gambar 4.8. Daya Dukung Tiang Pancang D80
Direncanakan berdasarkan kemampuan tiang:

P_{max} Tiang = 367 T
 maka direncanakan:
 Q_{ijin} = 357 T
 Kedalaman = 58 m

4.2.3.2. Daya Dukung Tiang Bor Tunggal

Berdasarkan metode Skempton (1966)

$$Q_p = \mu \cdot A_p \cdot c_u \cdot N_c$$

μ = faktor koreksi (0,8 untuk $d \leq 1$ m)

$$N_c = 9 \quad (\phi = 0)$$

$$Q_s = \sum \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$\alpha = 0,45 \quad (\text{Skempton, 1966})$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF$$

$$SF = 2 \quad (\text{tanpa pembesaran ujung})$$

Berikut contoh perhitungan daya dukung tanah pada kedalaman 10 m menggunakan pondasi tiang bor D100 berdasarkan hasil SPT pada Titik DB-3.

$$D = 1 \text{ m}$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$O = 3,142 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,8 \times 0,785 \times 6 \times 9 \\ &= 33,929 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,45 \times 1,6 \times 3,142 \times 2 + 0,45 \times 4,8 \times 3,142 \times 2 \\ &\quad + 0,45 \times 16,8 \times 3,142 \times 2 + 0,45 \times 4,8 \times 3,142 \\ &\quad \times 2 + 0,45 \times 6 \times 3,142 \times 2 \\ &= 96,133 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 33,929 + 96,133 \\ &= 130,062 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{130,06}{2} \\ &= 65,031 \text{ T} \end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan daya dukung seperti contoh perhitungan di atas pada setiap kedalaman dan data tanah. Hasil perhitungan daya dukung tiang bor adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung tiang bor D80

Tabel 4.19. Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-1

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	2	0,80	2,895	1,810	4,705	2,352
4	5	2,00	7,238	6,333	13,572	6,786
6	7	2,80	10,134	12,667	22,800	11,400
8	8	3,20	11,581	19,905	31,486	15,743
10	10	4,00	14,476	28,953	43,429	21,715
12	12	4,80	17,372	39,810	57,182	28,591
14	8	3,20	11,581	47,048	58,630	29,315
16	9	3,60	13,029	55,191	68,220	34,110
18	16	6,40	23,162	69,668	92,830	46,415
20	17	6,80	24,610	85,049	109,659	54,830
22	18	7,20	26,058	101,335	127,393	63,696
24	17	6,80	24,610	116,716	141,326	70,663
26	19	7,60	27,505	133,907	161,413	80,706
28	20	8,00	28,953	152,003	180,956	90,478
30	21	8,40	30,401	171,003	201,404	100,702
32	18	7,20	26,058	187,289	213,347	106,673
34	17	6,80	24,610	202,670	227,280	113,640
36	22	8,80	31,848	222,576	254,424	127,212
38	23	9,20	33,296	243,385	276,681	138,341
40	23	9,20	33,296	264,195	297,491	148,746
42	25	10,00	36,191	286,815	323,006	161,503
44	26	10,40	37,639	310,339	347,978	173,989
46	24	9,60	34,744	332,054	366,797	183,399
48	25	10,00	36,191	354,673	390,864	195,432
50	26	10,40	37,639	378,197	415,836	207,918

Tabel 4.20. Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-2

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	5	2,00	7,238	4,524	11,762	5,881
4	23	9,20	33,296	25,334	58,630	29,315
6	12	4,80	17,372	36,191	53,563	26,781
8	11	4,40	15,924	46,144	62,068	31,034
10	12	4,80	17,372	57,001	74,373	37,186
12	14	5,60	20,267	69,668	89,935	44,968
14	15	6,00	21,715	83,240	104,954	52,477
16	15	6,00	21,715	96,811	118,526	59,263
18	15	6,00	21,715	110,383	132,098	66,049
20	17	6,80	24,610	125,764	150,374	75,187
22	15	6,00	21,715	139,336	161,051	80,525
24	16	6,40	23,162	153,812	176,975	88,487
26	17	6,80	24,610	169,194	193,804	96,902
28	19	7,60	27,505	186,384	213,890	106,945
30	19	7,60	27,505	203,575	231,080	115,540
32	18	7,20	26,058	219,861	245,919	122,959
34	18	7,20	26,058	236,147	262,205	131,102
36	16	6,40	23,162	250,624	273,786	136,893
38	15	6,00	21,715	264,195	285,910	142,955
40	20	8,00	28,953	282,291	311,244	155,622
42	20	8,00	28,953	300,387	329,339	164,670
44	20	8,00	28,953	318,482	347,435	173,718
46	21	8,40	30,401	337,482	367,883	183,942
48	21	8,40	30,401	356,483	386,883	193,442
50	22	8,80	31,848	376,388	408,236	204,118
52	23	9,20	33,296	397,198	430,494	215,247
54	27	10,80	39,086	421,627	460,713	230,357
56	27	10,80	39,086	446,056	485,142	242,571
58	28	11,20	40,534	471,390	511,924	255,962
60	28	11,20	40,534	496,723	537,258	268,629

62	29	11,60	41,982	522,962	564,944	282,472
64	29	11,60	41,982	549,201	591,182	295,591
66	30	12,00	43,429	576,344	619,773	309,887
68	30	12,00	43,429	603,487	646,917	323,458
70	29	11,60	41,982	629,726	671,708	335,854
72	30	12,00	43,429	656,869	700,299	350,149
74	30	12,00	43,429	684,013	727,442	363,721
76	30	12,00	43,429	711,156	754,585	377,293
78	31	12,40	44,877	739,204	784,081	392,041
80	31	12,40	44,877	767,252	812,129	406,065

Tabel 4.21. Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-3

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	4	1,60	5,791	3,619	9,410	4,705
4	12	4,80	17,372	14,476	31,848	15,924
6	42	16,80	60,801	52,477	113,278	56,639
8	12	4,80	17,372	63,335	80,706	40,353
10	15	6,00	21,715	76,906	98,621	49,310
12	15	6,00	21,715	90,478	112,193	56,096
14	17	6,80	24,610	105,859	130,469	65,235
16	19	7,60	27,505	123,050	150,555	75,278
18	16	6,40	23,162	137,526	160,689	80,344
20	20	8,00	28,953	155,622	184,575	92,287
22	22	8,80	31,848	175,527	207,375	103,688
24	22	8,80	31,848	195,432	227,280	113,640
26	23	9,20	33,296	216,242	249,538	124,769
28	23	9,20	33,296	237,052	270,348	135,174
30	24	9,60	34,744	258,767	293,510	146,755
32	24	9,60	34,744	280,481	315,225	157,612
34	25	10,00	36,191	303,101	339,292	169,646
36	23	9,20	33,296	323,911	357,207	178,603

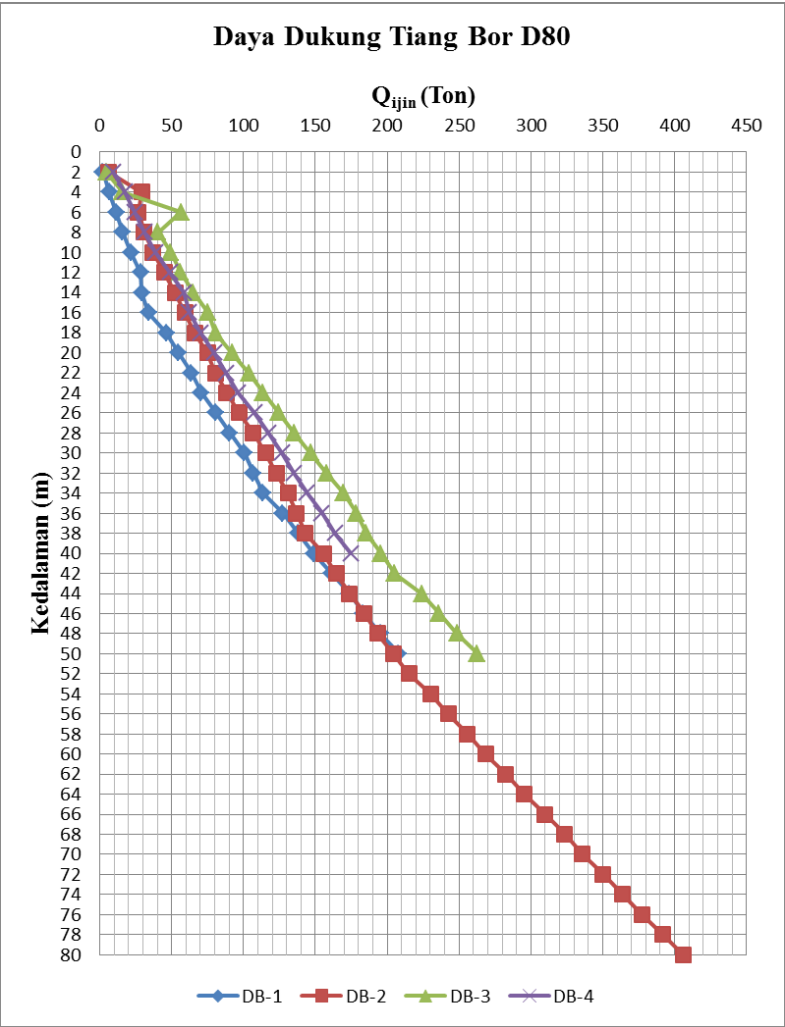
38	20	8,00	28,953	342,006	370,959	185,480
40	21	8,40	30,401	361,007	391,407	195,704
42	21	8,40	30,401	380,007	410,408	205,204
44	29	11,60	41,982	406,246	448,227	224,114
46	28	11,20	40,534	431,579	472,114	236,057
48	28	11,20	40,534	456,913	497,447	248,724
50	29	11,60	41,982	483,152	525,134	262,567

Tabel 4.22. Daya Dukung Tiang Bor D80 Berdasarkan DB-4

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	8	3,20	11,581	7,238	18,819	9,410
4	12	4,80	17,372	18,096	35,467	17,734
6	13	5,20	18,819	29,858	48,677	24,339
8	14	5,60	20,267	42,525	62,792	31,396
10	15	6,00	21,715	56,096	77,811	38,905
12	18	7,20	26,058	72,382	98,440	49,220
14	19	7,60	27,505	89,573	117,078	58,539
16	15	6,00	21,715	103,145	124,859	62,430
18	16	6,40	23,162	117,621	140,784	70,392
20	18	7,20	26,058	133,907	159,965	79,982
22	18	7,20	26,058	150,193	176,251	88,125
24	18	7,20	26,058	166,479	192,537	96,268
26	21	8,40	30,401	185,480	215,880	107,940
28	21	8,40	30,401	204,480	234,881	117,440
30	21	8,40	30,401	223,480	253,881	126,940
32	20	8,00	28,953	241,576	270,529	135,264
34	20	8,00	28,953	259,671	288,624	144,312
36	21	8,40	30,401	278,672	309,072	154,536
38	21	8,40	30,401	297,672	328,073	164,036
40	22	8,80	31,848	317,577	349,426	174,713

Tabel 4.23. Rekap Daya Dukung Tiang Bor D80

Depth (m)	DB-1 (T)	DB-2 (T)	DB-3 (T)	DB-4 (T)
2	2,352	5,881	4,705	9,410
4	6,786	29,315	15,924	17,734
6	11,400	26,781	56,639	24,339
8	15,743	31,034	40,353	31,396
10	21,715	37,186	49,310	38,905
12	28,591	44,968	56,096	49,220
14	29,315	52,477	65,235	58,539
16	34,110	59,263	75,278	62,430
18	46,415	66,049	80,344	70,392
20	54,830	75,187	92,287	79,982
22	63,696	80,525	103,688	88,125
24	70,663	88,487	113,640	96,268
26	80,706	96,902	124,769	107,940
28	90,478	106,945	135,174	117,440
30	100,702	115,540	146,755	126,940
32	106,673	122,959	157,612	135,264
34	113,640	131,102	169,646	144,312
36	127,212	136,893	178,603	154,536
38	138,341	142,955	185,480	164,036
40	148,746	155,622	195,704	174,713
42	161,503	164,670	205,204	
44	173,989	173,718	224,114	
46	183,399	183,942	236,057	
48	195,432	193,442	248,724	
50	207,918	204,118	262,567	
52		215,247		
54		230,357		
56		242,571		
58		255,962		
60		268,629		
62		282,472		
64		295,591		
66		309,887		
68		323,458		
70		335,854		
72		350,149		
74		363,721		
76		377,293		
78		392,041		
80		406,065		



Gambar 4.9. Daya Dukung Tiang Bor D80

direncanakan:

$$Q_{ijin} = 335 \quad T$$
$$Kedalaman = 70 \quad m$$

2. Daya dukung tiang bor D100

Tabel 4.24. Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-1

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	2	0,80	4,524	2,262	6,786	3,393
4	5	2,00	11,310	7,917	19,227	9,613
6	7	2,80	15,834	15,834	31,667	15,834
8	8	3,20	18,096	24,881	42,977	21,488
10	10	4,00	22,619	36,191	58,811	29,405
12	12	4,80	27,143	49,763	76,906	38,453
14	8	3,20	18,096	58,811	76,906	38,453
16	9	3,60	20,358	68,989	89,347	44,673
18	16	6,40	36,191	87,085	123,276	61,638
20	17	6,80	38,453	106,311	144,765	72,382
22	18	7,20	40,715	126,669	167,384	83,692
24	17	6,80	38,453	145,896	184,349	92,174
26	19	7,60	42,977	167,384	210,361	105,181
28	20	8,00	45,239	190,004	235,242	117,621
30	21	8,40	47,501	213,754	261,255	130,627
32	18	7,20	40,715	234,111	274,827	137,413
34	17	6,80	38,453	253,338	291,791	145,896
36	22	8,80	49,763	278,219	327,982	163,991
38	23	9,20	52,025	304,232	356,257	178,128
40	23	9,20	52,025	330,244	382,269	191,134
42	25	10,00	56,549	358,519	415,067	207,534
44	26	10,40	58,811	387,924	446,734	223,367
46	24	9,60	54,287	415,067	469,354	234,677
48	25	10,00	56,549	443,342	499,890	249,945
50	26	10,40	58,811	472,747	531,557	265,779

Tabel 4.25. Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-2

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	5	2,00	11,310	5,655	16,965	8,482
4	23	9,20	52,025	31,667	83,692	41,846
6	12	4,80	27,143	45,239	72,382	36,191
8	11	4,40	24,881	57,680	82,561	41,281
10	12	4,80	27,143	71,251	98,395	49,197
12	14	5,60	31,667	87,085	118,752	59,376
14	15	6,00	33,929	104,050	137,979	68,989
16	15	6,00	33,929	121,014	154,943	77,472
18	15	6,00	33,929	137,979	171,908	85,954
20	17	6,80	38,453	157,205	195,658	97,829
22	15	6,00	33,929	174,170	208,099	104,050
24	16	6,40	36,191	192,265	228,457	114,228
26	17	6,80	38,453	211,492	249,945	124,973
28	19	7,60	42,977	232,981	275,957	137,979
30	19	7,60	42,977	254,469	297,446	148,723
32	18	7,20	40,715	274,827	315,542	157,771
34	18	7,20	40,715	295,184	335,899	167,950
36	16	6,40	36,191	313,280	349,471	174,735
38	15	6,00	33,929	330,244	364,173	182,087
40	20	8,00	45,239	352,864	398,103	199,051
42	20	8,00	45,239	375,483	420,722	210,361
44	20	8,00	45,239	398,103	443,342	221,671
46	21	8,40	47,501	421,853	469,354	234,677
48	21	8,40	47,501	445,604	493,104	246,552
50	22	8,80	49,763	470,485	520,248	260,124
52	23	9,20	52,025	496,497	548,522	274,261
54	27	10,80	61,073	527,034	588,106	294,053
56	27	10,80	61,073	557,570	618,642	309,321
58	28	11,20	63,335	589,237	652,572	326,286
60	28	11,20	63,335	620,904	684,239	342,119

62	29	11,60	65,596	653,703	719,299	359,650
64	29	11,60	65,596	686,501	752,097	376,049
66	30	12,00	67,858	720,430	788,288	394,144
68	30	12,00	67,858	754,359	822,218	411,109
70	29	11,60	65,596	787,157	852,754	426,377
72	30	12,00	67,858	821,087	888,945	444,473
74	30	12,00	67,858	855,016	922,874	461,437
76	30	12,00	67,858	888,945	956,803	478,402
78	31	12,40	70,120	924,005	994,126	497,063
80	31	12,40	70,120	959,065	1029,186	514,593

Tabel 4.26. Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-3

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Qp (T)	Qs (T)	Qu (T)	Qijin (T)
2	4	1,60	9,048	4,524	13,572	6,786
4	12	4,80	27,143	18,096	45,239	22,619
6	42	16,80	95,002	65,596	160,598	80,299
8	12	4,80	27,143	79,168	106,311	53,156
10	15	6,00	33,929	96,133	130,062	65,031
12	15	6,00	33,929	113,097	147,027	73,513
14	17	6,80	38,453	132,324	170,777	85,388
16	19	7,60	42,977	153,812	196,789	98,395
18	16	6,40	36,191	171,908	208,099	104,050
20	20	8,00	45,239	194,527	239,766	119,883
22	22	8,80	49,763	219,409	269,172	134,586
24	22	8,80	49,763	244,290	294,053	147,027
26	23	9,20	52,025	270,303	322,327	161,164
28	23	9,20	52,025	296,315	348,340	174,170
30	24	9,60	54,287	323,458	377,745	188,873
32	24	9,60	54,287	350,602	404,888	202,444
34	25	10,00	56,549	378,876	435,425	217,712
36	23	9,20	52,025	404,888	456,913	228,457

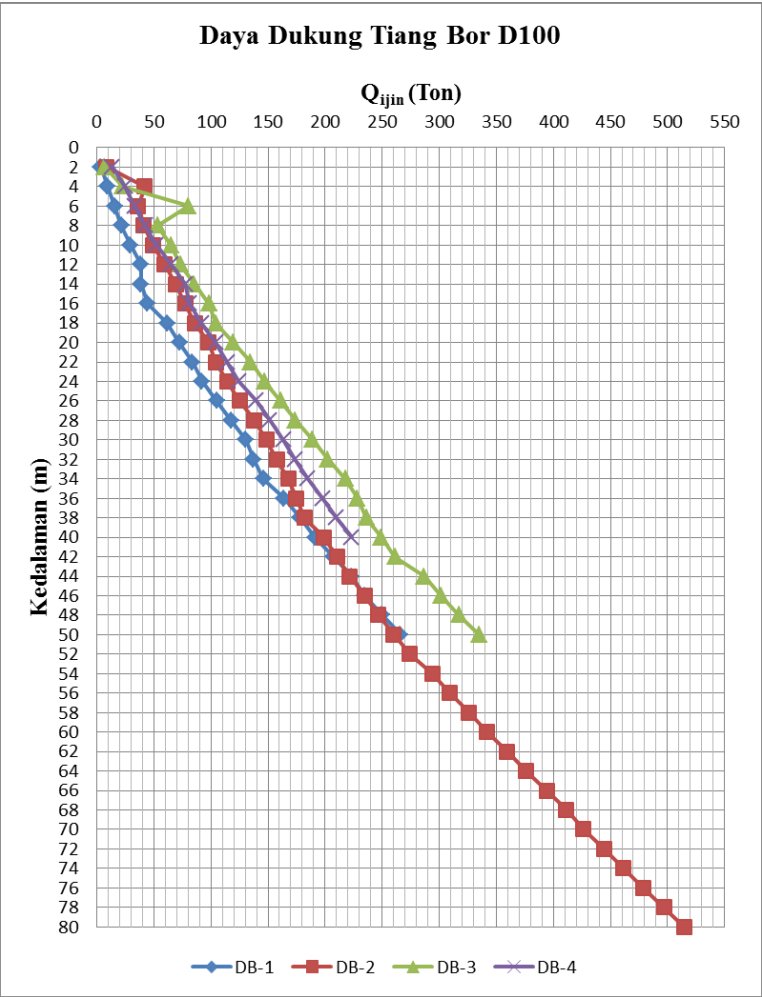
38	20	8,00	45,239	427,508	472,747	236,373
40	21	8,40	47,501	451,258	498,759	249,380
42	21	8,40	47,501	475,009	522,510	261,255
44	29	11,60	65,596	507,807	573,403	286,702
46	28	11,20	63,335	539,474	602,809	301,404
48	28	11,20	63,335	571,142	634,476	317,238
50	29	11,60	65,596	603,940	669,536	334,768

Tabel 4.27. Daya Dukung Tiang Bor D100 Berdasarkan DB-4

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	8	3,20	18,096	9,048	27,143	13,572
4	12	4,80	27,143	22,619	49,763	24,881
6	13	5,20	29,405	37,322	66,727	33,364
8	14	5,60	31,667	53,156	84,823	42,412
10	15	6,00	33,929	70,120	104,050	52,025
12	18	7,20	40,715	90,478	131,193	65,596
14	19	7,60	42,977	111,966	154,943	77,472
16	15	6,00	33,929	128,931	162,860	81,430
18	16	6,40	36,191	147,027	183,218	91,609
20	18	7,20	40,715	167,384	208,099	104,050
22	18	7,20	40,715	187,742	228,457	114,228
24	18	7,20	40,715	208,099	248,814	124,407
26	21	8,40	47,501	231,850	279,350	139,675
28	21	8,40	47,501	255,600	303,101	151,550
30	21	8,40	47,501	279,350	326,851	163,426
32	20	8,00	45,239	301,970	347,209	173,604
34	20	8,00	45,239	324,589	369,828	184,914
36	21	8,40	47,501	348,340	395,841	197,920
38	21	8,40	47,501	372,090	419,591	209,796
40	22	8,80	49,763	396,972	446,734	223,367

Tabel 4.28. Rekap Daya Dukung Tiang Bor D100

Depth (m)	DB-1 (T)	DB-2 (T)	DB-3 (T)	DB-4 (T)
2	3,393	8,482	6,786	13,572
4	9,613	41,846	22,619	24,881
6	15,834	36,191	80,299	33,364
8	21,488	41,281	53,156	42,412
10	29,405	49,197	65,031	52,025
12	38,453	59,376	73,513	65,596
14	38,453	68,989	85,388	77,472
16	44,673	77,472	98,395	81,430
18	61,638	85,954	104,050	91,609
20	72,382	97,829	119,883	104,050
22	83,692	104,050	134,586	114,228
24	92,174	114,228	147,027	124,407
26	105,181	124,973	161,164	139,675
28	117,621	137,979	174,170	151,550
30	130,627	148,723	188,873	163,426
32	137,413	157,771	202,444	173,604
34	145,896	167,950	217,712	184,914
36	163,991	174,735	228,457	197,920
38	178,128	182,087	236,373	209,796
40	191,134	199,051	249,380	223,367
42	207,534	210,361	261,255	
44	223,367	221,671	286,702	
46	234,677	234,677	301,404	
48	249,945	246,552	317,238	
50	265,779	260,124	334,768	
52		274,261		
54		294,053		
56		309,321		
58		326,286		
60		342,119		
62		359,650		
64		376,049		
66		394,144		
68		411,109		
70		426,377		
72		444,473		
74		461,437		
76		478,402		
78		497,063		
80		514,593		



Gambar 4.10. Daya Dukung Tiang Bor D100

direncanakan:

$Q_{ijin} = 426 \quad T$
 $Kedalaman = 70 \quad m$

3. Daya dukung tiang bor D120

Tabel 4.29. Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-1

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	2	0,80	6,107	2,714	8,822	4,411
4	5	2,00	15,268	9,500	24,768	12,384
6	7	2,80	21,375	19,000	40,376	20,188
8	8	3,20	24,429	29,858	54,287	27,143
10	10	4,00	30,536	43,429	73,966	36,983
12	12	4,80	36,644	59,715	96,359	48,179
14	8	3,20	24,429	70,573	95,002	47,501
16	9	3,60	27,483	82,787	110,270	55,135
18	16	6,40	48,858	104,502	153,360	76,680
20	17	6,80	51,912	127,574	179,485	89,743
22	18	7,20	54,965	152,003	206,968	103,484
24	17	6,80	51,912	175,075	226,986	113,493
26	19	7,60	58,019	200,861	258,880	129,440
28	20	8,00	61,073	228,004	289,077	144,538
30	21	8,40	64,126	256,505	320,631	160,315
32	18	7,20	54,965	280,934	335,899	167,950
34	17	6,80	51,912	304,006	355,917	177,959
36	22	8,80	67,180	333,863	401,043	200,522
38	23	9,20	70,233	365,078	435,312	217,656
40	23	9,20	70,233	396,293	466,527	233,263
42	25	10,00	76,341	430,222	506,563	253,281
44	26	10,40	79,394	465,509	544,903	272,451
46	24	9,60	73,287	498,081	571,368	285,684
48	25	10,00	76,341	532,010	608,351	304,175
50	26	10,40	79,394	567,296	646,691	323,345

Tabel 4.30. Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-2

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	5	2,00	15,268	6,786	22,054	11,027
4	23	9,20	70,233	38,001	108,234	54,117
6	12	4,80	36,644	54,287	90,930	45,465
8	11	4,40	33,590	69,216	102,805	51,403
10	12	4,80	36,644	85,502	122,145	61,073
12	14	5,60	42,751	104,502	147,253	73,626
14	15	6,00	45,804	124,859	170,664	85,332
16	15	6,00	45,804	145,217	191,021	95,511
18	15	6,00	45,804	165,574	211,379	105,689
20	17	6,80	51,912	188,646	240,558	120,279
22	15	6,00	45,804	209,004	254,808	127,404
24	16	6,40	48,858	230,719	279,577	139,788
26	17	6,80	51,912	253,790	305,702	152,851
28	19	7,60	58,019	279,577	337,596	168,798
30	19	7,60	58,019	305,363	363,382	181,691
32	18	7,20	54,965	329,792	384,757	192,379
34	18	7,20	54,965	354,221	409,186	204,593
36	16	6,40	48,858	375,936	424,794	212,397
38	15	6,00	45,804	396,293	442,097	221,049
40	20	8,00	61,073	423,436	484,509	242,254
42	20	8,00	61,073	450,580	511,652	255,826
44	20	8,00	61,073	477,723	538,796	269,398
46	21	8,40	64,126	506,224	570,350	285,175
48	21	8,40	64,126	534,724	598,850	299,425
50	22	8,80	67,180	564,582	631,762	315,881
52	23	9,20	70,233	595,797	666,030	333,015
54	27	10,80	82,448	632,440	714,888	357,444
56	27	10,80	82,448	669,084	751,532	375,766
58	28	11,20	85,502	707,085	792,586	396,293
60	28	11,20	85,502	745,085	830,587	415,293

62	29	11,60	88,555	784,443	872,998	436,499
64	29	11,60	88,555	823,801	912,356	456,178
66	30	12,00	91,609	864,516	956,125	478,062
68	30	12,00	91,609	905,231	996,840	498,420
70	29	11,60	88,555	944,589	1033,144	516,572
72	30	12,00	91,609	985,304	1076,913	538,456
74	30	12,00	91,609	1026,019	1117,628	558,814
76	30	12,00	91,609	1066,734	1158,343	579,171
78	31	12,40	94,662	1108,806	1203,469	601,734
80	31	12,40	94,662	1150,878	1245,541	622,770

Tabel 4.31. Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-3

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	4	1,60	12,215	5,429	17,643	8,822
4	12	4,80	36,644	21,715	58,358	29,179
6	42	16,80	128,252	78,716	206,968	103,484
8	12	4,80	36,644	95,002	131,645	65,823
10	15	6,00	45,804	115,359	161,164	80,582
12	15	6,00	45,804	135,717	181,521	90,761
14	17	6,80	51,912	158,789	210,700	105,350
16	19	7,60	58,019	184,575	242,594	121,297
18	16	6,40	48,858	206,290	255,148	127,574
20	20	8,00	61,073	233,433	294,505	147,253
22	22	8,80	67,180	263,291	330,470	165,235
24	22	8,80	67,180	293,148	360,328	180,164
26	23	9,20	70,233	324,363	394,597	197,298
28	23	9,20	70,233	355,578	425,811	212,906
30	24	9,60	73,287	388,150	461,437	230,719
32	24	9,60	73,287	420,722	494,009	247,005
34	25	10,00	76,341	454,651	530,992	265,496
36	23	9,20	70,233	485,866	556,100	278,050

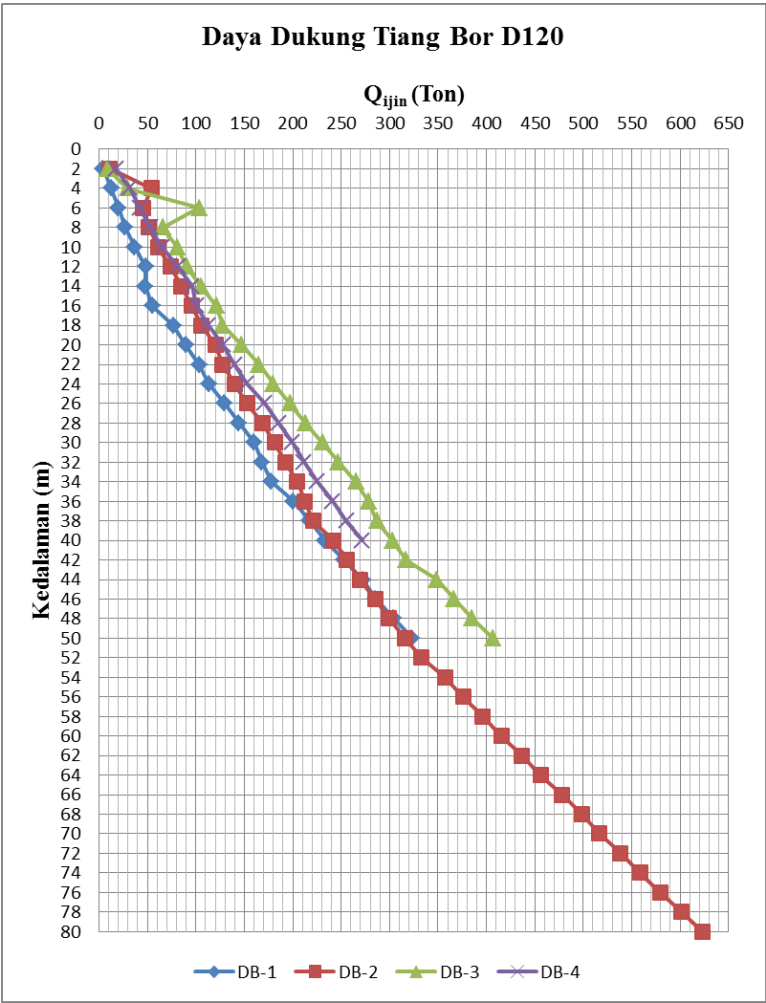
38	20	8,00	61,073	513,010	574,082	287,041
40	21	8,40	64,126	541,510	605,636	302,818
42	21	8,40	64,126	570,011	634,137	317,068
44	29	11,60	88,555	609,368	697,924	348,962
46	28	11,20	85,502	647,369	732,871	366,435
48	28	11,20	85,502	685,370	770,871	385,436
50	29	11,60	88,555	724,728	813,283	406,641

Tabel 4.32. Daya Dukung Tiang Bor D120 Berdasarkan DB-4

Depth (m)	N _{SPT}	c _u (T/m ²)	Q _p (T)	Q _s (T)	Q _u (T)	Q _{ijin} (T)
2	8	3,20	24,429	10,857	35,286	17,643
4	12	4,80	36,644	27,143	63,787	31,893
6	13	5,20	39,697	44,787	84,484	42,242
8	14	5,60	42,751	63,787	106,538	53,269
10	15	6,00	45,804	84,144	129,949	64,974
12	18	7,20	54,965	108,573	163,539	81,769
14	19	7,60	58,019	134,360	192,379	96,189
16	15	6,00	45,804	154,717	200,522	100,261
18	16	6,40	48,858	176,432	225,290	112,645
20	18	7,20	54,965	200,861	255,826	127,913
22	18	7,20	54,965	225,290	280,255	140,128
24	18	7,20	54,965	249,719	304,684	152,342
26	21	8,40	64,126	278,219	342,346	171,173
28	21	8,40	64,126	306,720	370,846	185,423
30	21	8,40	64,126	335,221	399,347	199,673
32	20	8,00	61,073	362,364	423,436	211,718
34	20	8,00	61,073	389,507	450,580	225,290
36	21	8,40	64,126	418,008	482,134	241,067
38	21	8,40	64,126	446,508	510,634	255,317
40	22	8,80	67,180	476,366	543,546	271,773

Tabel 4.33. Rekap Daya Dukung Tiang Bor D120

Depth (m)	DB-1 (T)	DB-2 (T)	DB-3 (T)	DB-4 (T)
2	4,411	11,027	8,822	17,643
4	12,384	54,117	29,179	31,893
6	20,188	45,465	103,484	42,242
8	27,143	51,403	65,823	53,269
10	36,983	61,073	80,582	64,974
12	48,179	73,626	90,761	81,769
14	47,501	85,332	105,350	96,189
16	55,135	95,511	121,297	100,261
18	76,680	105,689	127,574	112,645
20	89,743	120,279	147,253	127,913
22	103,484	127,404	165,235	140,128
24	113,493	139,788	180,164	152,342
26	129,440	152,851	197,298	171,173
28	144,538	168,798	212,906	185,423
30	160,315	181,691	230,719	199,673
32	167,950	192,379	247,005	211,718
34	177,959	204,593	265,496	225,290
36	200,522	212,397	278,050	241,067
38	217,656	221,049	287,041	255,317
40	233,263	242,254	302,818	271,773
42	253,281	255,826	317,068	
44	272,451	269,398	348,962	
46	285,684	285,175	366,435	
48	304,175	299,425	385,436	
50	323,345	315,881	406,641	
52		333,015		
54		357,444		
56		375,766		
58		396,293		
60		415,293		
62		436,499		
64		456,178		
66		478,062		
68		498,420		
70		516,572		
72		538,456		
74		558,814		
76		579,171		
78		601,734		
80		622,770		



Gambar 4.11. Daya Dukung Tiang Bor D120

direncanakan:

$Q_{ijin} = 516 \text{ T}$
 $Kedalaman = 70 \text{ m}$

4.2.3.3. Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk tiang kelompok direncanakan menjadi satu *pile cap* dengan menggabungkan semua *pile cap* di masing-masing titik perletakan. Sehingga beban yang digunakan adalah beban total dari semua titik perletakan.

Berikut contoh perhitungan daya dukung kelompok tiang menggunakan tiang pancang D60:

direncanakan konfigurasi tiang

panjang x lebar = 18x27, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tiang} &= 17 \times 28 \\ &= 476 \quad \text{buah}\end{aligned}$$

jarak minimal antar tiang:

(Teng (1962) dalam Hardiyatmo, 2010)

$$s = 3d - 5d, 105 \text{ cm}$$

dimana:

s = Jarak antar tiang

d = diameter tiang

direncanakan jarak menggunakan

3d, sehingga:

$$\begin{aligned}s &= (3 \times 0,6) \text{ m} \\ &= 1,8 \quad \text{m}\end{aligned}$$

menghitung efisiensi kelompok tiang

menggunakan *Converse-Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n}$$

$$\text{dengan:} \quad \theta = \arctg \frac{d}{s}$$

$$E_g = 1 - \arctg \left(\frac{0,6}{1,8} \right) \times \frac{(28 - 1)17 + (17 - 1)28}{90 \times 17 \times 28}$$

$$= 0,610$$

$$Q_g = E_g \times \text{jumlah tiang} \times Q_u$$

$$= 0,610 \times 476 \times 365$$

$$= 105929,089 \text{ T} > 103719,177 \text{ T}$$

(Memenuhi)

Daya dukung > beban, sehingga pondasi mampu menahan beban.

Tabel 4.34. Ringkasan Daya Dukung Tiang

	Tiang Pancang		Tiang Bor		
	D60	D80	D80	D100	D120
Tiang Tunggal					
Qijin (T)	236	357	335	426	516
Kedalaman (m)	52	58	70	70	70
Tiang Kelompok					
Konfigurasi	17x28	14x22	12x21	11x19	10x17
Jumlah tiang	476	308	252	209	170
s (m)	1,8	2,4	2,4	3	3,6
Eg	0,610	0,614	0,617	0,620	0,623
Qg (T)	105929	106140	104356	110355	109382

Tabel di atas adalah ringkasan daya dukung tiang. Sementara denah pondasi dapat dilihat pada lampiran.

4.2.4. Penurunan Pondasi Tiang

Dalam menghitung penurunan, beban yang digunakan adalah akibat beban mati dan beban hidup saja tanpa beban angin dan beban gempa. Karena pada kenyataannya beban angin dan beban gempa hanya terjadi pada waktu-waktu tertentu saja dan tidak menerus.

4.2.4.1. Penurunan Segera

Contoh perhitungan menggunakan tiang pancang D60

Penurunan pada tiang tunggal

Menurut metode Vesic (1977)

Penurunan elastik

$$s_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

dimana: $\xi = 0,5 - 0,68$

$$\begin{aligned} s_{e(1)} &= \frac{(11,28 + 0,5 \times 164,966) 52}{(0,25 \times \pi \times 0,6^2) \times (4700 \times \sqrt{500 \times 0,83 \times 0,1 \times 100})} \times 1000 \\ &= 5,695 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penurunan ujung tiang

$$s_{e(2)} = \left(\frac{Q_{wp}}{A_p} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

$\mu_s = 0,1 - 0,3$ (Bowles, 1968)

$E_s = 15.000 - 35.000 \text{ kPa}$ (Look, 2007)

$I_{wp} = 0,85$

$$\begin{aligned} s_{e(2)} &= \left(\frac{11,28}{0,25 \times \pi \times 0,6^2} \right) \times \frac{0,6}{3500} \times (1 - 0,3^2) \times 0,85 \times 1000 \\ &= 5,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penurunan friksi

$$s_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{A_s} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\begin{aligned} s_{e(3)} &= \left(\frac{164,966}{\pi \times 0,6 \times 52} \right) \times \frac{0,6}{3500} \times (1 - 0,3^2) \times \left(2 + 0,35 \times \sqrt{\frac{52}{0,6}} \right) \times 1000 \\ &= 1,381 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penurunan total

$$\begin{aligned}
 S_e &= S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \\
 &= 5,695 + 5,29 + 1,381 \\
 &= 12,366 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan pada kelompok tiang

Penurunan elastik

$$\begin{aligned}
 S_{g(e)} &= \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e \\
 &= \sqrt{\frac{29,4}{0,6}} \times 12,366 \\
 &= 86,561 \text{ mm} < 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan sebesar 86,561 mm, sehingga masih memenuhi batas penurunan maksimum menurut Skempton dan MacDonald, 1955 (dalam Hardiyatmo, 2014), batas penurunan tersebut yaitu sebesar 100 mm.

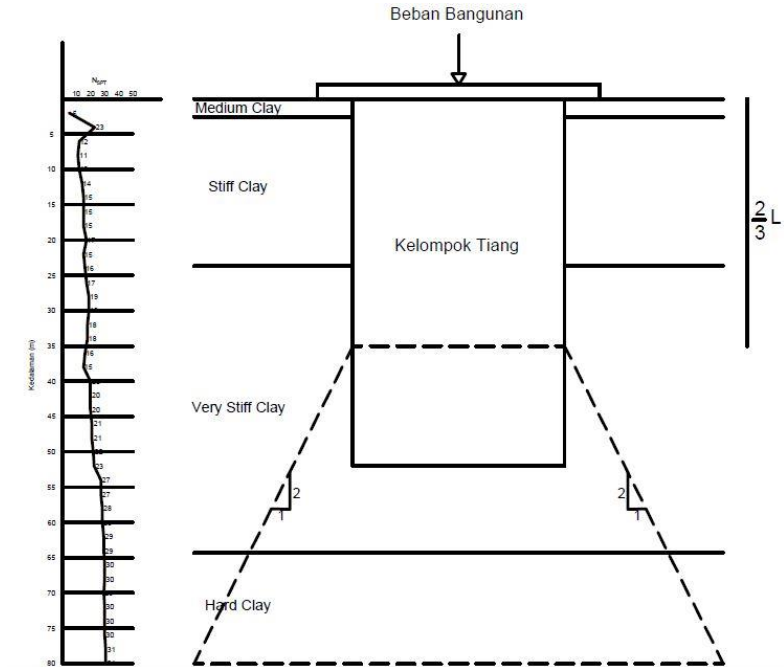
Penurunan pada pondasi tiang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.35. Penurunan pada Pondasi Tiang

	Tiang Pancang		Tiang Bor		
	D60	D80	D80	D100	D120
Penurunan tiang tunggal					
$s_{e(1)}$ (mm)	5,695	5,631	8,115	6,363	5,478
$s_{e(2)}$ (mm)	5,290	8,143	7,026	8,697	9,952
$s_{e(3)}$ (mm)	1,381	1,771	1,951	2,159	2,492
s_{eTotal} (mm)	12,366	15,546	17,092	17,219	17,922
Penurunan kelompok tiang					
Penurunan Elastik					
$s_{g(e)}$ (mm)	86,561	98,320	99,665	95,870	94,832

4.2.4.2. Penurunan Konsolidasi

Contoh perhitungan menggunakan tiang pancang D60



Gambar 4.12. Model Penurunan Konsolidasi

Beban bangunan ditransferkan ke tanah pada $2L/3$ kedalaman tiang. Sehingga penurunan konsolidasi yang ditinjau berada di bawah kedalaman $2/3$ tiang. Pada kasus di atas, $2/3$ tiang berada pada kedalaman 35 m. Pada lapisan tanah tersebut tanah dikategorikan *very stiff clay* dengan nilai N_{SPT} adalah 16 – 30. Tanah dengan kategori *stiff*, *very stiff* dan *hard* sangat sulit memampat, sehingga penurunan konsolidasi yang terjadi sangat kecil.

Kategori tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.36. Korelasi Nilai N pada Tanah Kohesif

Subsurface Condition	Penetration resistance range N (bpf)	ε_{50} (%)	Poisson's Ratio (v)	Shear Strength Su (psf)	Young's Modulus Range E_s^* (psi)	Shear Modulus Range G^{**} (psi)
V.Soft	2	0.020	0.5	250	170-340	60-110
Soft	2-4	0.020	0.5	375	260-520	80-170
Medium	4-8	0.020	0.5	750	520-1040	170-340
Stiff	8-15	0.010	0.45	1500	1040-2080	340-690
Very Stiff	15-30	0.005	0.40	3000	2080-4160	690-1390
Hard	30	0.004	0.35	4000	2890-5780	960-1930

(Sumber : *Foundation of Theoretical Soil Mechanics*; M.E. Harr: 1996)

4.2.5. Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang

Menghitung defleksi horizontal yang terjadi akibat beban lateral. McNulty, 1956 (dalam Hardiyatmo, 2010), menyarankan defleksi yang terjadi tidak boleh melebihi 6 mm.

Contoh perhitungan menggunakan tiang pancang D60

Menurut metode Broms (1964)

Tiang dalam tanah kohesif dengan ujung tiang terjepit

$$x_0/y_0 = \frac{H \beta}{k_h d}$$

dimana:

$$\beta = \left(\frac{k_h d}{4 E_p I_p} \right)^{1/4}$$

$$k_h = \frac{k_1}{1,5d}$$

$$k_1 = 54 \text{ MN/m}^3 \quad (\text{Terzaghi, 1955})$$

$$k_h = \frac{54 \times 100}{1,5 \times 0,6}$$

$$= 6000 \text{ T/m}^3$$

$$\beta = \left(\frac{6000 \times 0,6}{4 \times 2345295 \times 0,006} \right)^{1/4}$$

$$= 0,496$$

$$\beta L = 0,496 \times 52$$

$$= 25,77 \text{ m} > 1,5 \text{ m}$$

(maka dianggap sebagai tiang panjang)

Defleksi arah x

$$H_{gx} = 213,389 \text{ T}$$

$$H_x = 0,448 \text{ T}$$

$$x_0 = \frac{0,488 \times 0,496}{6000 \times 0,6} \times 1000$$

$$= 0,062 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

(memenuhi)

Defleksi arah y

$$H_{gy} = 477,282 \text{ T}$$

$$H_y = 1,003 \text{ T}$$

$$y_0 = \frac{1,003 \times 0,496}{6000 \times 0,6} \times 1000$$

$$= 0,138 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

(memenuhi)

Defleksi akibat beban lateral dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.37. Defleksi Akibat Beban Lateral

	Tiang Pancang		Tiang Bor		
	D60	D80	D80	D100	D120
Arah x					
H_{gx} (T)	213,389	213,389	213,389	213,389	213,389
H_x (T)	0,448	0,693	0,847	1,021	1,255
x_0 (mm)	0,062	0,072	0,087	0,084	0,086
Arah y					
H_{gy} (T)	477,282	477,282	477,282	477,282	477,282
H_y (T)	1,003	1,550	1,894	2,284	2,808
y_0 (mm)	0,138	0,160	0,196	0,189	0,193

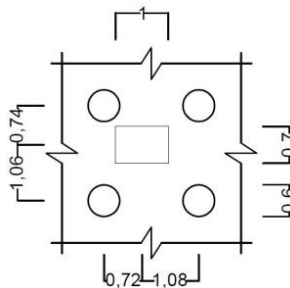
4.2.6. Perencanaan *Pile Cap*

Contoh perhitungan menggunakan tiang pancang D60

4.2.6.1. Perhitungan Momen Ultimate

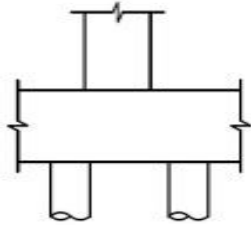
Momen ultimate yang dipakai adalah momen ultimate terbesar yang diakibatkan oleh kolom, karena itu dihitung momen ultimate akibat masing-masing kolom.

Berikut contoh perhitungan momen ultimate akibat kolom pada titik nomor 1:

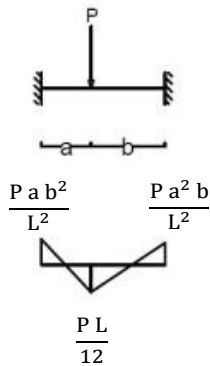


Gambar 4.13. Titik Perletakan No. 1

1. Perhitungan Mu arah x



Dalam perhitungan Mu, tumpuan dimodelkan sebagai sendi.



Data:

$$P = 1104,71 \text{ T}$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$a = 0,72 \text{ m}$$

$$b = 1,08 \text{ m}$$

Tumpuan

$$Mu = \frac{P \cdot a \cdot b^2}{L^2}$$

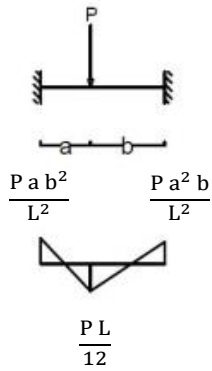
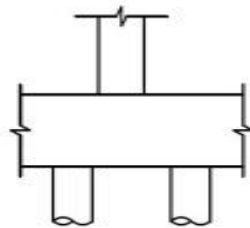
$$= \frac{1104,71 \cdot 0,72 \cdot 1,08^2}{1,8^2}$$

$$= 286,208 \text{ T}$$

Lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{P \cdot L}{12} \\ &= \frac{1104,71 \cdot 1,8}{12} \\ &= 165,707 \text{ T} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Mu arah y



Data:

$$P = 1104,71 \text{ T}$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$a = 0,74 \text{ m}$$

$$b = 1,06 \text{ m}$$

Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{P \cdot a \cdot b^2}{L^2} \\ &= \frac{1104,71 \cdot 0,74 \cdot 1,06^2}{1,8^2} \\ &= 283,036 \text{ T} \end{aligned}$$

Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{P \cdot L}{12} \\ &= \frac{1104,71 \cdot 1,8}{12} \\ &= 165,707 \text{ T} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan Mu di masing-masing kolom dan pondasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.38. Perhitungan Mu pada Pondasi Tiang Pancang D60

Momen Arah x				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,72	1,08	286,208
2	2881,485	0,27	1,53	563,450
3	2959,486	0,57	1,23	787,791
4	2894,828	0,67	1,13	765,206
5	2875,735	0,53	1,27	759,648
6	2899,326	0,43	1,37	724,675
7	2829,382	0,63	1,17	753,201
8	1076,400	0,52	1,28	283,144
9	2501,813	0,48	1,32	644,685
10	3911,720	0,72	1,08	1012,012
11	3219,378	0,87	0,93	749,167
12	2470,313	0,48	1,32	636,939
13	2499,082	0,48	1,32	643,982
14	3894,387	0,72	1,08	1007,528
15	3284,001	0,87	0,93	764,205
16	2487,075	0,48	1,32	641,261
17	1098,730	0,72	1,08	284,658
18	2882,636	0,27	1,53	563,675
19	2933,236	0,57	1,23	780,804
20	2894,741	0,67	1,13	765,183
21	2889,504	0,53	1,27	763,286
22	2958,146	0,43	1,37	739,377
23	2960,720	0,63	1,17	788,164
24	1158,523	0,52	1,28	304,746
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	1,8		506,032
26	851,049	1,8		229,783
27	838,646	1,8		226,434
28	934,756	1,8		252,384
29	880,288	1,8		237,678
30	2006,175	1,8		541,667
31	625,393	0,12	1,68	114,294
32	594,557	0,68	1,12	281,572
33	597,656	0,82	0,98	261,912
34	631,173	0,02	1,78	23,305
Mu max				1012,012

Momen Arah y				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,74	1,06	283,036
2	2881,485	0,82	0,98	698,069
3	2959,486	0,82	0,98	716,965
4	2894,828	0,13	1,67	317,595
5	2875,735	0,13	1,67	315,500
6	2899,326	0,82	0,98	702,391
7	2829,382	0,82	0,98	685,446
8	1076,400	0,74	1,06	275,783
9	2501,813	0,71	1,09	652,183
10	3911,720	0,78	1,02	980,419
11	3219,378	0,6	1,2	858,501
12	2470,313	0,55	1,25	655,365
13	2499,082	0,71	1,09	651,471
14	3894,387	0,78	1,02	976,075
15	3284,001	0,6	1,2	875,734
16	2487,075	0,55	1,25	659,812
17	1098,730	0,74	1,06	281,504
18	2882,636	0,82	0,98	698,348
19	2933,236	0,82	0,98	710,606
20	2894,741	0,13	1,67	317,585
21	2889,504	0,13	1,67	317,011
22	2958,146	0,82	0,98	716,641
23	2960,720	0,82	0,98	717,264
24	1158,523	0,74	1,06	296,824
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	0,78	1,02	845,534
26	851,049	0,78	1,02	383,947
27	838,646	0,78	1,02	378,351
28	934,756	0,77	1,03	423,672
29	880,288	0,77	1,03	398,984
30	2006,175	0,77	1,03	909,285
31	625,393	1,8		168,856
32	594,557	1,8		160,530
33	597,656	1,8		161,367
34	631,173	1,8		170,417
Mu max				980,419

Tabel 4.39. Perhitungan Mu pada Pondasi Tiang Pancang D80

Momen Arah x				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,18	2,22	169,346
2	2881,485	0,57	1,83	956,186
3	2959,486	0,87	1,53	1046,229
4	2894,828	0,83	1,57	1027,898
5	2875,735	0,37	2,03	755,978
6	2899,326	1,07	1,33	954,868
7	2829,382	0,87	1,53	1000,235
8	1076,400	0,98	1,42	369,421
9	2501,813	0,78	1,62	888,977
10	3911,720	1,02	1,38	1316,686
11	3219,378	0,57	1,83	1065,488
12	2470,313	0,78	1,62	877,831
13	2499,082	0,78	1,62	888,006
14	3894,387	1,02	1,38	1310,851
15	3284,001	0,57	1,83	1086,876
16	2487,075	0,78	1,62	883,787
17	1098,730	0,18	2,22	168,430
18	2882,636	0,57	1,83	956,568
19	2933,236	0,87	1,53	1036,949
20	2894,741	0,83	1,57	1027,867
21	2889,504	0,37	2,03	759,598
22	2958,146	1,07	1,33	974,240
23	2960,720	0,87	1,53	1046,666
24	1158,523	0,98	1,42	397,606
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	2,4		899,613
26	851,049	2,4		408,503
27	838,646	2,4		402,550
28	934,756	2,4		448,683
29	880,288	2,4		422,538
30	2006,175	2,4		962,964
31	625,393	1,02	1,38	507,116
32	594,557	0,22	2,18	257,127
33	597,656	0,68	1,72	501,116
34	631,173	0,92	1,48	529,826
Mu max				1316,686

Momen Arah y				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,74	1,66	391,255
2	2881,485	0,82	1,58	1023,843
3	2959,486	0,82	1,58	1051,559
4	2894,828	0,13	2,27	329,764
5	2875,735	0,13	2,27	327,589
6	2899,326	0,82	1,58	1030,182
7	2829,382	0,82	1,58	1005,330
8	1076,400	0,74	1,66	381,228
9	2501,813	1,09	1,31	810,968
10	3911,720	1,02	1,38	1317,937
11	3219,378	0,6	1,8	1086,540
12	2470,313	0,55	1,85	807,895
13	2499,082	1,09	1,31	810,083
14	3894,387	1,02	1,38	1312,097
15	3284,001	0,6	1,8	1108,350
16	2487,075	0,55	1,85	813,377
17	1098,730	0,74	1,66	389,137
18	2882,636	0,82	1,58	1024,252
19	2933,236	0,82	1,58	1042,231
20	2894,741	0,13	2,27	329,754
21	2889,504	0,13	2,27	329,157
22	2958,146	0,82	1,58	1051,082
23	2960,720	0,82	1,58	1051,997
24	1158,523	0,74	1,66	410,314
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	0,78	1,62	1598,479
26	851,049	0,78	1,62	725,850
27	838,646	0,78	1,62	715,271
28	934,756	0,77	1,63	796,917
29	880,288	0,77	1,63	750,481
30	2006,175	0,77	1,63	1710,345
31	625,393	2,4		300,189
32	594,557	2,4		285,388
33	597,656	2,4		286,875
34	631,173	2,4		302,963
Mu max				1710,345

Tabel 4.40. Perhitungan Mu pada Pondasi Tiang Bor D80

Momen Arah x				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	1,02	1,38	372,375
2	2881,485	0,63	1,77	986,463
3	2959,486	0,33	2,07	725,020
4	2894,828	0,37	2,03	760,998
5	2875,735	0,83	1,57	1021,118
6	2899,326	0,13	2,27	346,337
7	2829,382	0,33	2,07	693,147
8	1076,400	0,15	2,25	144,745
9	2501,813	0,42	1,98	718,102
10	3911,720	0,18	2,22	591,191
11	3219,378	0,63	1,77	1104,157
12	2470,313	0,42	1,98	709,060
13	2499,082	0,42	1,98	717,318
14	3894,387	0,18	2,22	588,571
15	3284,001	0,63	1,77	1126,322
16	2487,075	0,42	1,98	713,872
17	1098,730	1,02	1,38	370,359
18	2882,636	0,63	1,77	986,857
19	2933,236	0,33	2,07	718,589
20	2894,741	0,37	2,03	760,975
21	2889,504	0,83	1,57	1026,007
22	2958,146	0,13	2,27	353,364
23	2960,720	0,33	2,07	725,322
24	1158,523	0,15	2,25	155,789
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	2,4		899,613
26	851,049	2,4		408,503
27	838,646	2,4		402,550
28	934,756	2,4		448,683
29	880,288	2,4		422,538
30	2006,175	2,4		962,964
31	625,393	0,18	2,22	235,450
32	594,557	0,98	1,42	489,155
33	597,656	0,52	1,88	456,887
34	631,173	0,28	2,12	330,083
Mu max				1126,322

Momen Arah y				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,74	1,66	391,255
2	2881,485	0,82	1,58	1023,843
3	2959,486	0,82	1,58	1051,559
4	2894,828	0,13	2,27	329,764
5	2875,735	0,13	2,27	327,589
6	2899,326	0,82	1,58	1030,182
7	2829,382	0,82	1,58	1005,330
8	1076,400	0,74	1,66	381,228
9	2501,813	1,09	1,31	810,968
10	3911,720	1,02	1,38	1317,937
11	3219,378	0,6	1,8	1086,540
12	2470,313	0,55	1,85	807,895
13	2499,082	1,09	1,31	810,083
14	3894,387	1,02	1,38	1312,097
15	3284,001	0,6	1,8	1108,350
16	2487,075	0,55	1,85	813,377
17	1098,730	0,74	1,66	389,137
18	2882,636	0,82	1,58	1024,252
19	2933,236	0,82	1,58	1042,231
20	2894,741	0,13	2,27	329,754
21	2889,504	0,13	2,27	329,157
22	2958,146	0,82	1,58	1051,082
23	2960,720	0,82	1,58	1051,997
24	1158,523	0,74	1,66	410,314
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	0,78	1,62	1598,479
26	851,049	0,78	1,62	725,850
27	838,646	0,78	1,62	715,271
28	934,756	0,77	1,63	796,917
29	880,288	0,77	1,63	750,481
30	2006,175	0,77	1,63	1710,345
31	625,393	2,4		300,189
32	594,557	2,4		285,388
33	597,656	2,4		286,875
34	631,173	2,4		302,963
Mu max				1710,345

Tabel 4.41. Perhitungan Mu pada Pondasi Tiang Bor D100

Momen Arah x				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,18	2,82	174,850
2	2881,485	0,03	2,97	81,955
3	2959,486	1,47	1,53	1130,841
4	2894,828	0,97	2,03	1285,462
5	2875,735	0,97	2,03	1276,984
6	2899,326	0,47	2,53	963,948
7	2829,382	1,47	1,53	1081,127
8	1076,400	1,42	1,58	423,730
9	2501,813	0,18	2,82	392,109
10	3911,720	0,78	2,22	1668,232
11	3219,378	1,17	1,83	1402,243
12	2470,313	0,18	2,82	389,084
13	2499,082	0,18	2,82	391,681
14	3894,387	0,78	2,22	1660,840
15	3284,001	1,17	1,83	1430,390
16	2487,075	0,18	2,82	391,724
17	1098,730	0,18	2,82	173,903
18	2882,636	0,03	2,97	81,988
19	2933,236	1,47	1,53	1120,810
20	2894,741	0,97	2,03	1285,424
21	2889,504	0,97	2,03	1283,098
22	2958,146	0,47	2,53	983,504
23	2960,720	1,47	1,53	1131,312
24	1158,523	1,42	1,58	456,059
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	3		1405,646
26	851,049	3		638,287
27	838,646	3		628,984
28	934,756	3		701,067
29	880,288	3		660,216
30	2006,175	3		1504,631
31	625,393	0,78	2,22	802,578
32	594,557	0,38	2,62	518,890
33	597,656	0,68	2,32	730,031
34	631,173	0,28	2,72	434,599
Mu max				1668,232

Momen Arah y				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,46	2,54	362,756
2	2881,485	0,38	2,62	828,876
3	2959,486	0,38	2,62	851,313
4	2894,828	1,07	1,93	1281,573
5	2875,735	1,07	1,93	1273,121
6	2899,326	0,38	2,62	834,008
7	2829,382	0,38	2,62	813,888
8	1076,400	0,46	2,54	353,460
9	2501,813	1,31	1,69	1041,362
10	3911,720	1,38	1,62	1575,709
11	3219,378	1,2	1,8	1390,771
12	2470,313	1,15	1,85	1080,087
13	2499,082	1,31	1,69	1040,226
14	3894,387	1,38	1,62	1568,728
15	3284,001	1,2	1,8	1418,689
16	2487,075	1,15	1,85	1087,416
17	1098,730	0,46	2,54	360,792
18	2882,636	0,38	2,62	829,207
19	2933,236	0,38	2,62	843,762
20	2894,741	1,07	1,93	1281,535
21	2889,504	1,07	1,93	1279,216
22	2958,146	0,38	2,62	850,928
23	2960,720	0,38	2,62	851,668
24	1158,523	0,46	2,54	380,427
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	0,18	2,82	889,923
26	851,049	0,18	2,82	404,103
27	838,646	0,18	2,82	398,214
28	934,756	0,17	2,83	428,612
29	880,288	0,17	2,83	403,637
30	2006,175	0,17	2,83	919,888
31	625,393	3		469,045
32	594,557	3		445,918
33	597,656	3		448,242
34	631,173	3		473,380
Mu max				1575,709

Tabel 4.42. Perhitungan Mu pada Pondasi Tiang Bor D120

Momen Arah x				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	0,17	3,43	172,287
2	2881,485	0,62	2,98	1225,304
3	2959,486	0,32	3,28	790,105
4	2894,828	1,57	2,03	1443,624
5	2875,735	0,37	3,23	861,888
6	2899,326	1,33	2,27	1533,775
7	2829,382	1,52	2,08	1434,803
8	1076,400	1,43	2,17	559,521
9	2501,813	0,43	3,17	834,136
10	3911,720	0,18	3,42	644,917
11	3219,378	1,78	1,83	1468,558
12	2470,313	0,42	3,19	802,442
13	2499,082	0,43	3,17	833,225
14	3894,387	0,18	3,42	642,059
15	3284,001	1,78	1,83	1498,037
16	2487,075	0,42	3,19	807,888
17	1098,730	0,17	3,43	171,355
18	2882,636	0,62	2,98	1225,794
19	2933,236	0,32	3,28	783,097
20	2894,741	1,57	2,03	1443,580
21	2889,504	0,37	3,23	866,014
22	2958,146	1,33	2,27	1564,892
23	2960,720	1,52	2,08	1501,406
24	1158,523	1,43	2,17	602,210
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	3,6		2024,130
26	851,049	3,6		919,133
27	838,646	3,6		905,738
28	934,756	3,6		1009,536
29	880,288	3,6		950,711
30	2006,175	3,6		2166,669
31	625,393	1,02	2,58	1180,199
32	594,557	0,23	3,38	423,274
33	597,656	1,73	1,88	1006,793
34	631,173	0,93	2,67	1161,627
Mu max				2166,669

Momen Arah y				
Kolom				
No. Titik	P (Ton)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
1	1104,710	1,06	2,54	582,654
2	2881,485	0,98	2,62	1494,132
3	2959,486	0,98	2,62	1534,577
4	2894,828	1,67	1,93	1387,641
5	2875,735	1,67	1,93	1378,489
6	2899,326	0,98	2,62	1503,382
7	2829,382	0,98	2,62	1467,115
8	1076,400	1,06	2,54	567,723
9	2501,813	0,71	2,89	1142,263
10	3911,720	0,78	2,82	1870,064
11	3219,378	1,2	2,4	1717,001
12	2470,313	1,25	2,35	1315,875
13	2499,082	0,71	2,89	1141,016
14	3894,387	0,78	2,82	1861,777
15	3284,001	1,2	2,4	1751,467
16	2487,075	1,25	2,35	1324,804
17	1098,730	1,06	2,54	579,500
18	2882,636	0,98	2,62	1494,728
19	2933,236	0,98	2,62	1520,966
20	2894,741	1,67	1,93	1387,599
21	2889,504	1,67	1,93	1385,089
22	2958,146	0,98	2,62	1533,882
23	2960,720	0,98	2,62	1535,217
24	1158,523	1,06	2,54	611,037
Dinding Geser				
No. Titik	q (Ton/m)	Jarak (m)		Momen (Tm)
		a	b	
25	1874,194	1,02	2,58	3535,416
26	851,049	1,02	2,58	1605,390
27	838,646	1,02	2,58	1581,993
28	934,756	1,03	2,57	1765,756
29	880,288	1,03	2,57	1662,866
30	2006,175	1,03	2,57	3789,670
31	625,393	3,6		675,425
32	594,557	3,6		642,122
33	597,656	3,6		645,468
34	631,173	3,6		681,667
Mu max				3789,670

. Ringkasan Mu max dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.43. Ringkasan Mu max

No.	Pondasi Tiang	Mu max		
		(Tm)	(Nmm)	
Arah x				
1	Tiang Pancang	D60	1012,012	1012012420
2		D80	1316,686	1316685597
3	Tiang Bor	D80	1126,322	1126321639
4		D100	1668,232	1668232284
5		D120	2166,669	2166669229
Arah y				
1	Tiang Pancang	D60	980,419	980418901
2		D80	1710,345	1710344990
3	Tiang Bor	D80	1710,345	1710344990
4		D100	1575,709	1575709494
5		D120	3789,670	3789670075

4.2.6.2. Penentuan Tebal *Pile Cap*

Untuk menentukan tebal *pile cap* perlu dilakukan perhitungan geser dua arah terhadap kolom dan tiang.

Perhitungan geser dua arah terhadap kolom menggunakan titik no. 28, karena di titik ini terdapat gaya paling besar

Tebal direncanakan 3,15 m.

Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Kolom:

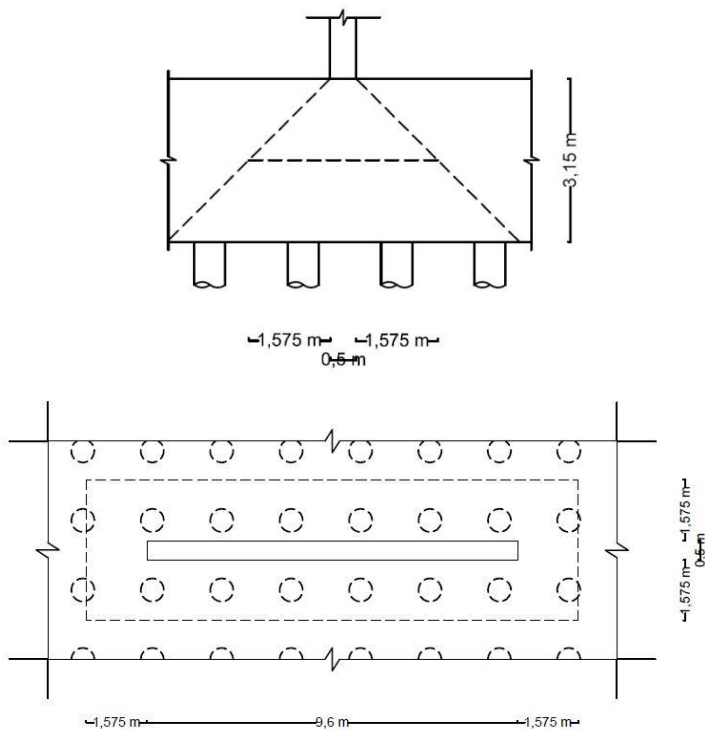
$$h = 3,15 \text{ m}$$

$$P_{\text{kolom}} = 8976,462 \text{ T}$$

$$b_{\text{kolom}} = 9,6 \text{ m}$$

$$l_{\text{kolom}} = 0,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 40$$



$$\begin{aligned}\beta &= \frac{b_{\text{kolom}}}{l_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{9,6}{0,5} \\ &= 19,2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_0 &= 2 \times ((b_{\text{kolom}} + h) + (l_{\text{kolom}} + h)) \\ &= 2 \times ((9,6 + 3,15) + (0,5 + 3,15)) \\ &= 32,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C_1} &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \sqrt{fc} \times b_0 \times d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{19,2}\right) \times \sqrt{41,5} \times 32800 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 12138,746 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C_2} &= 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha \times d}{b_0}\right) \times \sqrt{fc} \times b_0 \times d \\
 &= 0,083 \times \left(2 + \frac{40 \times 3060}{32800}\right) \times \sqrt{41,5} \times 32800 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 30767,951 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C_3} &= 0,33 \times \sqrt{fc} \times b_0 \times d \\
 &= 0,33 \times \sqrt{41,5} \times 32800 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 21340,482 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_C &= 0,75 \times 12138,746 \\
 &= 9104,06 \text{ T} > 8976,462 \text{ T} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan geser dua arah terhadap kolom pada setiap kolom dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.44. Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Kolom

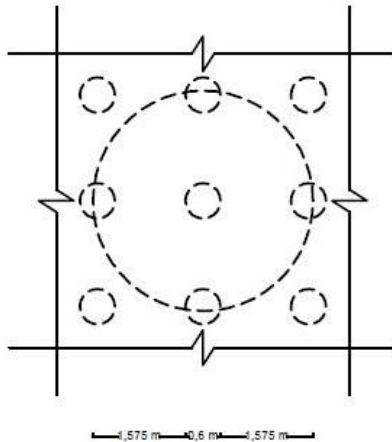
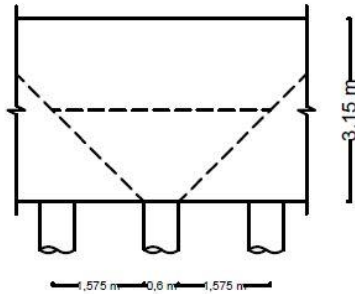
No. Titik	P (T)	Dimensi Kolom (m)		β	b_0 (m)	V_{c1} (T)	V_{c2} (T)	V_{c3} (T)	$V_{c_{pakai}}$ (T)	ϕV_c (T)
		b	l							
1	1104,710	1	0,7	1,429	16	12870,534	25269,583	10409,991	10409,991	7807,493
2	2881,485	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
3	2959,486	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
4	2894,828	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
5	2875,735	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
6	2899,326	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
7	2829,382	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
8	1076,400	1	0,7	1,429	16	12870,534	25269,583	10409,991	10409,991	7807,493
9	2501,813	2	0,75	2,667	18,1	10616,515	25956,879	11776,302	10616,515	7962,386
10	3911,720	2,5	1	2,5	19,6	11824,803	26447,805	12752,239	11824,803	8868,603
11	3219,378	2,5	0,75	3,333	19,1	10242,800	26284,163	12426,927	10242,800	7682,100
12	2470,313	2	0,75	2,667	18,1	10616,515	25956,879	11776,302	10616,515	7962,386
13	2499,082	2	0,75	2,667	18,1	10616,515	25956,879	11776,302	10616,515	7962,386
14	3894,387	2,5	1	2,5	19,6	11824,803	26447,805	12752,239	11824,803	8868,603
15	3284,001	2,5	0,75	3,333	19,1	10242,800	26284,163	12426,927	10242,800	7682,100
16	2487,075	2	0,75	2,667	18,1	10616,515	25956,879	11776,302	10616,515	7962,386
17	1098,730	1	0,7	1,429	16	12870,534	25269,583	10409,991	10409,991	7807,493
18	2882,636	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
19	2933,236	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
20	2894,741	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
21	2889,504	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
22	2958,146	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
23	2960,720	2	1	2	18,6	12468,330	26120,521	12101,615	12101,615	9076,211
24	1158,523	1	0,7	1,429	16	12870,534	25269,583	10409,991	10409,991	7807,493
25	3467,260	1,85	0,5	3,7	17,3	8932,738	25695,052	11255,803	8932,738	6699,553
26	2723,357	3,2	0,5	6,4	20	8798,217	26578,718	13012,489	8798,217	6598,663
27	8053,517	9,6	0,5	19,2	32,8	12138,746	30767,951	21340,482	12138,746	9104,060
28	8976,462	9,6	0,5	19,2	32,8	12138,746	30767,951	21340,482	12138,746	9104,060
29	2816,921	3,2	0,5	6,4	20	8798,217	26578,718	13012,489	8798,217	6598,663
30	3711,424	1,85	0,5	3,7	17,3	8932,738	25695,052	11255,803	8932,738	6699,553
31	3846,168	6,15	0,5	12,3	25,9	10092,437	28509,693	16851,173	10092,437	7569,328
32	3656,528	6,15	0,5	12,3	25,9	10092,437	28509,693	16851,173	10092,437	7569,328
33	3675,582	6,15	0,5	12,3	25,9	10092,437	28509,693	16851,173	10092,437	7569,328
34	3881,712	6,15	0,5	12,3	25,9	10092,437	28509,693	16851,173	10092,437	7569,328

Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Tiang:

$$P_{\text{tiang}} = 236 \text{ T}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\beta = 1$$



$$\begin{aligned} b_0 &= \pi \times (D + h) \\ &= \pi \times (0,6 + 3,15) \\ &= 11,781 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c_1} &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \sqrt{f_c} \times b_0 \times d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \sqrt{41,5} \times 11,781 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 11845,892 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c_2} &= 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha \times d}{b_0}\right) \times \sqrt{f_c} \times b_0 \times d \\
 &= 0,083 \times \left(2 + \frac{40 \times 3060,5}{11,781}\right) \times \sqrt{41,5} \times 11,781 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 23888,764 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c_3} &= 0,33 \times \sqrt{f_c} \times b_0 \times d \\
 &= 0,33 \times \sqrt{41,5} \times 11,781 \times 3060,5 \times 10^{-4} \\
 &= 7664,989 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 7664,989 \\
 &= 5748,741 \text{ T} > 236 \text{ T} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan geser dua arah terhadap tiang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.45. Tinjauan Geser Dua Arah Terhadap Tiang

	Tiang Pancang		Tiang Bor		
	D60	D80	D80	D100	D120
V_{c_1} (T)	11845,891	12477,672	12477,672	13109,453	13741,234
V_{c_2} (T)	23888,763	24680,240	24680,240	24885,878	25091,517
V_{c_3} (T)	7664,989	8073,788	8073,788	8482,587	8891,387
$V_{c_{pakai}}$ (T)	7664,989	8073,788	8073,788	8482,587	8891,387
ϕV_c (T)	5748,741	6055,341	6055,341	6361,941	6668,540
P_{tiang} (T)	236	357	335	426	516

Berdasarkan perhitungan geser dua arah terhadap kolom dan tiang, ketebalan 3,15 m mampu menahan beban yang terjadi.

4.2.6.3. Penulangan *Pile Cap*

Data perencanaan:

$$\begin{aligned} D &= 0,6 \text{ m} \\ f'_c &= 41,5 \text{ MPa (K-500)} \\ f_y &= 290 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{tul. D} &= D \quad 29 \\ b &= 30,6 \text{ m} \\ l &= 50,4 \text{ m} \\ h &= 3,15 \text{ m} \end{aligned}$$

Penulangan arah x:

$$M_u = 1012012420 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d &= 3150 - 75 - 0,5 \times 29 \\ &= 3060,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1012012420}{0,8} \\ &= 1265015525 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1265015525}{1000 \times 3060,5^2} \\
 &= 0,135 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} \\
 &= \frac{290}{0,85 \times 41,5} \\
 &= 8,221
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{bal} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,75 \times 41,5}{290} \left(\frac{600}{600 + 290} \right) \\
 &= 0,062
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{bal} \\
 &= 0,75 \times 0,062 \\
 &= 0,046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{290} \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{8,221} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,221 \times 0,135}{290}} \right) \\ &= 0,0005\end{aligned}$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,005 \times 1000 \times 3060,5 \\ &= 14774,828 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{14774,828}{0,25 \times \pi \times 29^2} \\ &= 22,368 \approx 23 \text{ buah}\end{aligned}$$

Direncanakan: 4 D 29 - 100 mm
n = 24 buah

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{aktual}}} &= n \times 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 24 \times 0,25 \times \pi \times 29^2 \\ &= 15852,477 \text{ mm}^2 > 14774,828 \text{ mm}^2 \\ &\quad \text{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{\text{aktual}} &= 3150 - 75 - 0,5 \times (100 + 2 \times 29) - 29 \\ &= 2967 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{15852,477 \times 290}{0,85 \times 41,5 \times 1000} \\
 &= 130,325 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{aktual}}} &= 0,85 \times f_c \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 0,85 \times 41,5 \times 130,325 \times 1000 \times \left(2967 - \frac{130,325}{2}\right) \\
 &= 13340379901,336 \text{ Nmm} > 1265015524,919 \text{ Nmm} \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Penulangan arah y:

$$M_u = 980418901,5 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 3150 - 75 - 0,5 \times 29 - 29 \\
 &= 3031,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{980418901,5}{0,8} \\
 &= 1225523627 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1225523627}{1000 \times 3031,5^2} \\
 &= 0,133 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

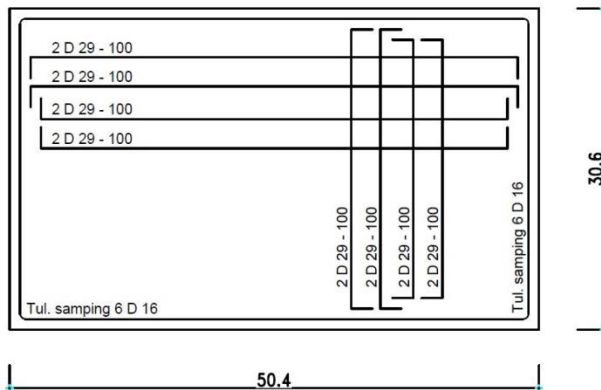
$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{8,221} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,221 \times 0,133}{290}} \right) \\
 &= 0,0005
 \end{aligned}$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,005 \times 1000 \times 3060,5 \\
 &= 14774,828 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2} \\
 &= \frac{14774,828}{0,25 \times \pi \times 29^2} \\
 &= 22,368 \approx 23 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Direncanakan: 4 D 29 - 100 mm
 $n = 24$ buah



Gambar 4.14. Sketsa Penulangan

Tabel 4.46. Rekapitulasi Penulangan *Pile Cap*

	Tiang Pancang		Tiang Bor		
	D60	D80	D80	D100	D120
Pile Cap direncanakan:					
K	500	500	500	500	500
f'c (MPa)	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
f _y (MPa)	290	290	290	290	290
b (m)	30,6	33,6	28,8	33	36
l (m)	50,4	52,8	50,4	57	61,2
h (m)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Tulangan D	29	29	29	29	29
Penulangan Arah x					
Mu (Nmm)	1012012420	1316685597	1126321639	1668232284	2166669229
d (mm)	3060,5	3060,5	3060,5	3060,5	3060,5
Mn (Nmm)	1265015525	1645856996	1407902049	2085290355	2708336536
R _n (N/mm ²)	0,135	0,176	0,150	0,223	0,289
m	8,221	8,221	8,221	8,221	8,221
ρ _{bal}	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
ρ _{max}	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
ρ _{min}	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ρ	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001
ρ _{pakai}	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
As (mm ²)	14774,828	14774,828	14774,828	14774,828	14774,828
n (buah)	23	23	23	23	23
Dipasang	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100

Jumlah lapis	2	2	2	2	2
Jumlah tul.	24	24	24	24	24
$As_{\text{aktual}} (\text{mm}^2)$	15852,477	15852,477	15852,477	15852,477	15852,477
$d_{\text{aktual}} (\text{mm})$	2967	2967	2967	2967	2967
a (mm)	130,325	130,325	130,325	130,325	130,325
$Mn_{\text{aktual}} (\text{Nmm})$	13340379901	13340379901	13340379901	13340379901	13340379901
Penulangan Arah y					
μ (Nmm)	980418901	1710344990	1710344990	1575709494	3789670075
d (mm)	3031,5	3031,5	3031,5	3031,5	3031,5
$Mn (\text{Nmm})$	1225523627	2137931237	2137931237	1969636867	4737087594
$Rn (\text{N/mm}^2)$	0,133	0,233	0,233	0,214	0,515
m	8,221	8,221	8,221	8,221	8,221
ρ_{bal}	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
ρ_{max}	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
ρ_{min}	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ρ	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,002
ρ_{pakai}	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
$As (\text{mm}^2)$	14634,828	14634,828	14634,828	14634,828	14634,828
n (buah)	23	23	23	23	23
Dipasang	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100	4 D 29 - 100
Jumlah lapis	2	2	2	2	2
Jumlah tul.	24	24	24	24	24
$As_{\text{aktual}} (\text{mm}^2)$	15852,477	15852,477	15852,477	15852,477	15852,477
$d_{\text{aktual}} (\text{mm})$	2938	2938	2938	2938	2938
a (mm)	130,325	130,325	130,325	130,325	130,325
$Mn_{\text{aktual}} (\text{Nmm})$	13207060574	13207060574	13207060574	13207060574	13207060574

Tabel di atas adalah rekapitulasi perhitungan penulangan *pile cap*. Sementara gambar penulangan *pile cap* dapat dilihat pada lampiran.

4.2.7. Perhitungan Biaya

4.2.7.1. Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan dilakukan secara manual berdasarkan data perencanaan untuk masing-masing jenis pondasi. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.47. Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D60

Item	Volume	Satuan
Tiang pancang		
D60	24752	m
Lantai kerja 50 mm		
Beton K-100	77,112	m ³
<i>Pile cap</i>		
Bekisting	510,300	m ²
Tulangan D29	235708,359	kg
Tulangan D16	29240,870	kg
Beton K-500	4858,056	m ³

Tabel 4.48. Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D80

Item	Volume	Satuan
Tiang pancang		
D80	17864	m
Lantai kerja 50 mm		
Beton K-100	88,704	m ³
<i>Pile cap</i>		
Bekisting	544,320	m ²
Tulangan D29	268342,359	kg
Tulangan D16	33636,557	kg
Beton K-500	5588,352	m ³

Tabel 4.49. Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D80

Item	Volume	Satuan
Tiang bor		
Beton K-500	8866,831	m ³
Lantai kerja 50 mm		
Beton K-100	72,576	m ³
<i>Pile cap</i>		
Bekisting	498,960	m ²
Tulangan D29	223067,848	kg
Tulangan D16	27520,819	kg
Beton K-500	4572,288	m ³

Tabel 4.50. Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D100

Item	Volume	Satuan
Tiang bor		
Beton K-500	11490,375	m ³
Lantai kerja 50 mm		
Beton K-100	94,050	m ³
<i>Pile cap</i>		
Bekisting	567,000	m ²
Tulangan D29	283850,886	kg
Tulangan D16	35663,760	kg
Beton K-500	5925,150	m ³

Tabel 4.51. Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D120

Item	Volume	Satuan
Tiang bor		
Beton K-500	13458,583	m ³
Lantai kerja 50 mm		
Beton K-100	110,160	m ³
<i>Pile cap</i>		
Bekisting	612,360	m ²
Tulangan D29	329078,187	kg
Tulangan D16	41772,672	kg
Beton K-500	6940,080	m ³

4.2.7.2. Harga Bahan, Upah dan Biaya Sewa

Harga bahan, upah dan biaya sewa didapat dari brosur dan HSPK Surabaya 2016. Berikut data-data yang telah didapatkan:

Tabel 4.52. Harga Material

Item	Satuan	Harga
Tiang pancang D60	batang	Rp 6.700.000
Tiang pancang D80	batang	Rp 10.300.000
Beton K-500	m ³	Rp 851.000
Besi beton	kg	Rp 12.500
Kawat beton	kg	Rp 25.500
Semen PC 40 kg	sak	Rp 60.700
Pasir cor	m ³	Rp 243.000
Batu pecah mesin 0,5 cm	m ³	Rp 487.900
Air kerja	liter	Rp 28
Paku usuk	kg	Rp 19.800
Plywood uk. 122x244x9mm	lembar	Rp 121.400
Kayu meranti bekisting	m ³	Rp 3.350.400
Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m ³	Rp 4.711.500
minyak bekisting	liter	Rp 29.600

Tabel 4.53. Upah Pekerja

Item	Satuan	Upah
Mandor	OH	Rp 158.000
Kepala tukang	OH	Rp 148.000
Tukang	OH	Rp 121.000
Pembantu tukang	OH	Rp 110.000

Tabel 4.54. Biaya Sewa Alat

Item	Satuan	Biaya
Crane	jam	Rp 146.300
Jack hammer	jam	Rp 196.900
Bore pile mini crane	jam	Rp 181.000

4.2.7.3. Analisa Harga Satuan

Dalam menghitung analisa harga satuan menggunakan HSPK Surabaya 2016 sebagai acuan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.55. Analisa Harga Satuan

Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Analisa
Pemancangan tiang D60				
Tiang pancang D60	0,083	m	Rp 6.700.000	Rp 556.100
Tukang	0,125	OH	Rp 121.000	Rp 15.125
Crane	0,218	jam	Rp 146.300	Rp 31.893
Jack hammer	0,218	jam	Rp 196.900	Rp 42.924
				Rp 646.043
Pemancangan tiang D80				
Tiang pancang D80	0,083	m	Rp 10.300.000	Rp 854.900
Tukang	0,125	OH	Rp 121.000	Rp 15.125
Crane	0,218	jam	Rp 146.300	Rp 31.893
Jack hammer	0,218	jam	Rp 196.900	Rp 42.924
				Rp 944.843

Pengeboran					
Mandor	0,072	OH	Rp	158.000	Rp 11.376
Pembantu tukang	1,44	OH	Rp	110.000	Rp 158.400
Bore pile mini crane	1,2	jam	Rp	181.000	Rp 217.200
					Rp 386.976
Pembuatan lantai kerja K-100					
Mandor	0,06	OH	Rp	158.000	Rp 9.480
Kepala tukang batu	0,02	OH	Rp	148.000	Rp 2.960
Tukang batu	0,2	OH	Rp	121.000	Rp 24.200
Pembantu tukang	1,2	OH	Rp	110.000	Rp 132.000
Semen PC 40 kg	5,75	sak	Rp	60.700	Rp 349.025
Pasir cor	0,558125	m ³	Rp	243.000	Rp 135.624
Batu pecah mesin 0,5 cm	0,540526	m ³	Rp	487.900	Rp 263.723
Air kerja	215	liter	Rp	28	Rp 6.020
					Rp 923.032
Bekisting <i>pile cap</i>					
Mandor	0,06	OH	Rp	158.000	Rp 9.480
Kepala tukang kayu	0,02	OH	Rp	148.000	Rp 2.960
Tukang kayu	0,2	OH	Rp	121.000	Rp 24.200
Pembantu tukang	1,2	OH	Rp	110.000	Rp 132.000
Paku usuk	0,4	kg	Rp	19.800	Rp 7.920
Plywood uk. 122x244x9mm	0,35	lembar	Rp	121.400	Rp 42.490
Kayu meranti bekisting	0,03	m ³	Rp	3.350.400	Rp 100.512
Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,02	m ³	Rp	4.711.500	Rp 94.230
minyak bekisting	0,2	liter	Rp	29.600	Rp 5.920
					Rp 419.712
Pembesian <i>pile cap</i>					
Mandor	0,0004	OH	Rp	158.000	Rp 63
Kepala tukang kayu	0,0007	OH	Rp	148.000	Rp 104
Tukang kayu	0,007	OH	Rp	121.000	Rp 847
Pembantu tukang	0,007	OH	Rp	110.000	Rp 770
Besi beton	1,05	kg	Rp	12.500	Rp 13.125
Kawat beton	0,015	kg	Rp	25.500	Rp 383
					Rp 15.291
Pengecoran <i>pile cap</i>					
Mandor	0,105	OH	Rp	158.000	Rp 16.590
Pembantu tukang	2,1	OH	Rp	110.000	Rp 231.000
Ready mix K-500	1	m ³	Rp	851.000	Rp 851.000
					Rp 1.098.590

Pengecoran tiang bor					
	Mandor	0,08	OH	Rp 158.000	Rp 12.640
	Pembantu tukang	1,65	OH	Rp 110.000	Rp 181.500
	<i>Ready mix</i> K-500	1	m ³	Rp 851.000	Rp 851.000
					Rp 1.045.140

4.2.7.4. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.56. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D60

Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pemancangan tiang D60	m	24752,000	Rp 646.043	Rp 15.990.846.435
Pembuatan lantai kerja	m ³	77,112	Rp 923.032	Rp 71.176.856
Bekisting <i>pile cap</i>	m ²	510,300	Rp 419.712	Rp 214.179.034
Pembesian <i>pile cap</i>	kg	264949,230	Rp 15.291	Rp 4.051.418.159
Pengecoran <i>pile cap</i>	m ³	4858,056	Rp 1.098.590	Rp 5.337.011.741
				Rp 25.664.632.225

Tabel 4.57. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang D80

Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pemancangan tiang D80	m	17864,000	Rp 944.843	Rp 16.878.668.206
Pembuatan lantai kerja	m ³	88,704	Rp 923.032	Rp 81.876.644
Bekisting <i>pile cap</i>	m ²	544,320	Rp 419.712	Rp 228.457.636
Pembesian <i>pile cap</i>	kg	301978,916	Rp 15.291	Rp 4.617.650.203
Pengecoran <i>pile cap</i>	m ³	5588,352	Rp 1.098.590	Rp 6.139.307.624
				Rp 27.945.960.313

Tabel 4.58. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D80

Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pengeboran tanah D80	m ³	8866,831	Rp 386.976	Rp 3.431.250.834
Pengecoran tiang bor D80	m ³	8866,831	Rp 1.045.140	Rp 9.267.079.862
Pembuatan lantai kerja	m ³	72,576	Rp 923.032	Rp 66.989.982
Bekisting <i>pile cap</i>	m ²	498,960	Rp 419.712	Rp 209.419.500
Pembesian <i>pile cap</i>	kg	250588,667	Rp 15.291	Rp 3.831.826.488
Pengecoran <i>pile cap</i>	m ³	4572,288	Rp 1.098.590	Rp 5.023.069.874
				Rp 21.829.636.539

Tabel 4.59. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D100

Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pengeboran tanah D100	m ³	11490,375	Rp 386.976	Rp 4.446.499.407
Pengecoran tiang bor D100	m ³	11490,375	Rp 1.045.140	Rp 12.009.050.664
Pembuatan lantai kerja	m ³	94,050	Rp 923.032	Rp 86.811.174
Bekisting <i>pile cap</i>	m ²	567,000	Rp 419.712	Rp 237.976.704
Pembesian <i>pile cap</i>	kg	319514,646	Rp 15.291	Rp 4.885.794.308
Pengecoran <i>pile cap</i>	m ³	5925,150	Rp 1.098.590	Rp 6.509.310.539
				Rp 28.175.442.795

Tabel 4.60. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Bor D120

Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pengeboran tanah D120	m ³	13458,583	Rp 386.976	Rp 5.208.148.587
Pengecoran tiang bor D120	m ³	13458,583	Rp 1.045.140	Rp 14.066.103.361
Pembuatan lantai kerja	m ³	110,160	Rp 923.032	Rp 101.681.222
Bekisting <i>pile cap</i>	m ²	612,360	Rp 419.712	Rp 257.014.840
Pembesian <i>pile cap</i>	kg	370850,859	Rp 15.291	Rp 5.670.791.745
Pengecoran <i>pile cap</i>	m ³	6940,080	Rp 1.098.590	Rp 7.624.302.487
				Rp 32.928.042.244

Sementara Rekap Biaya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.61. Rekap Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang

No	Jenis Pondasi	Biaya
1	Pondasi tiang pancang D60	Rp 25.664.632.225
2	Pondasi tiang pancang D80	Rp 27.945.960.313
3	Pondasi tiang bor D80	Rp 21.829.636.539
4	Pondasi tiang bor D100	Rp 28.175.442.795
5	Pondasi tiang bor D120	Rp 32.928.042.244

4.3. Metode Pelaksanaan

4.3.1. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang harus dirancang, dicor dan dirawat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan sehingga tahan terhadap pengangkutan, penanganan, dan tekanan akibat pemancangan tanpa kerusakan. Tiang pancang segi empat harus mempunyai sudut-sudut yang ditumpulkan. Pipa pancang berongga (hollow piles) harus digunakan bilamana panjang tiang yang diperlukan melebihi dari biasanya.

Baja tulangan harus disediakan untuk menahan tegangan yang terjadi akibat pengangkatan, penyusunan dan pengangkutan tiang pancang maupun tegangan yang terjadi akibat pemancangan dan beban-beban yang didukung. Selimut beton tidak boleh kurang dari 40 mm dan bilamana tiang pancang terekspos terhadap air laut atau korosi lainnya, selimut beton tidak boleh kurang dari 75 mm.

4.3.1.1. Persiapan Lokasi Pemancangan

Mempersiapkan lokasi dimana alat pemancang akan diletakan, tanah haruslah dapat menopang berat alat. Bilamana elevasi akhir kepala tiang pancang berada di bawah permukaan tanah asli, maka galian harus dilaksanakan terlebih dahulu sebelum pemancangan. Perhatian khusus harus diberikan agar

dasar pondasi tidak terganggu oleh penggalian diluar batas-batas yang ditunjukkan oleh gambar kerja.

4.3.1.2. Persiapan Alat Pemancang

Pelaksana harus menyediakan alat untuk memancang tiang yang sesuai dengan jenis tanah dan jenis tiang pancang sehingga tiang pancang tersebut dapat menembus masuk pada kedalaman yang telah ditentukan atau mencapai daya dukung yang telah ditentukan, tanpa kerusakan. Bila diperlukan, pelaksana dapat melakukan penyelidikan tanah terlebih dahulu.

Alat pancang yang digunakan dapat dari jenis drop hammer, diesel atau hidrolik. Berat palu pada jenis drop hammer sebaiknya tidak kurang dari jumlah berat tiang beserta topi pancangnya. Sedangkan untuk diesel hammer berat palu tidak boleh kurang dari setengah jumlah berat tiang total beserta topi pancangnya ditambah 500 kg dan minimum 2,2 ton.

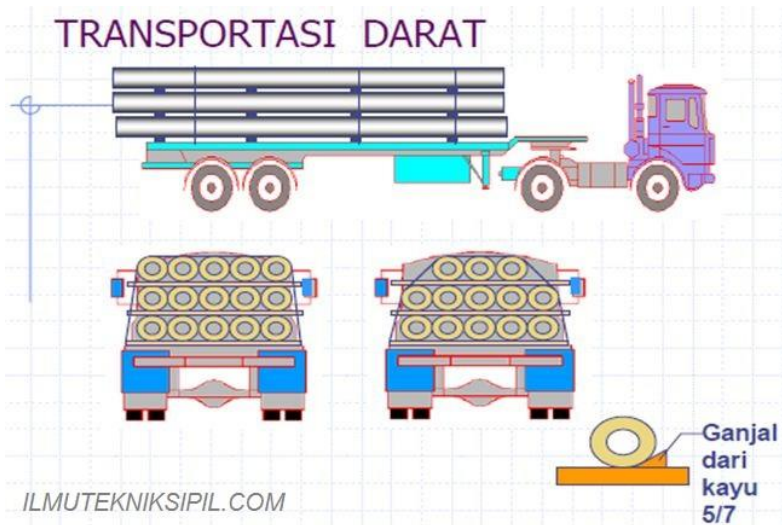


Gambar 4.15. Alat Pancang

Sumber: <http://www.ilmusipil.com/pemancangan-dengan-alat-jack-in-pile>

4.3.1.3. Pengiriman Tiang Pancang ke Lokasi

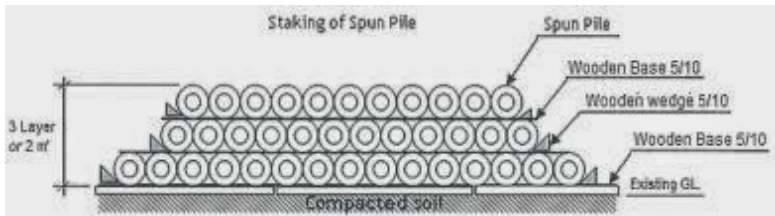
Tiang pancang dikirim dengan menggunakan truk. Di dalam truk (kendaraan pembawa) tiang pancang di beri papan untuk tiap lapisnya dan diberi kayu 5/7 sebagai pengganjal supaya kedudukan tiang pancang tidak berubah-ubah.



Gambar 4.16. Pengangkutan Tiang Pancang
 Sumber: <http://www.ilmutekniksipil.com/teknik-pondasi/hydraulic-hammer>

4.3.1.4. Penyimpanan Tiang Pancang

Tiang pancang disimpan di sekitar lokasi yang akan dilakukan pemancangan. Tiang pancang disusun seperti piramida, dan dialasi dengan kayu 5/10. Penyimpanan dikelompokkan sesuai dengan type, diameter, dimensi yang sama. Jika perlu tiang pancang diberi penutup.

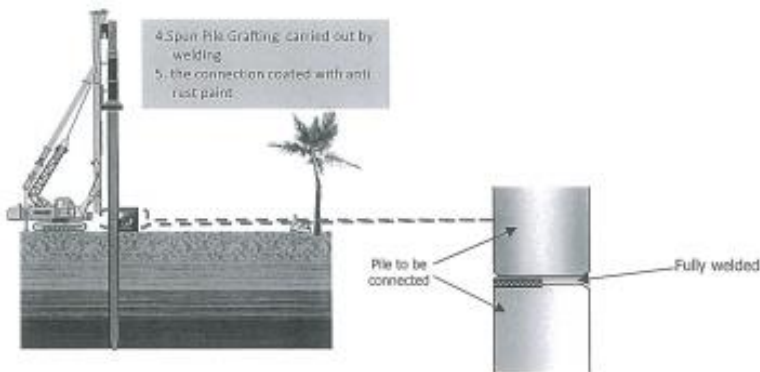


Gambar 4.17. Penyimpanan Tiang Pancang

Sumber: <http://www.ilmutekniksipil.com/teknik-pondasi>

4.3.1.5. Pemancangan

Kepala tiang pancang harus dilindungi dengan bantalan topi atau mandrel. Tiang pancang diikatkan pada sling yang terdapat pada alat, lalu ditarik sehingga tiang pancang masuk pada bagian alat. Setelah kemiringan telah sesuai, kemudian dilakukan pemancangan menggunakan mesin pancang. Bila kedalaman pemancangan lebih dalam dari pada panjang tiang pancang satu batang, maka perlu dilakukan penyambungan dengan tiang pancang kedua, yaitu dengan pengelasan.



Gambar 4.18. Penyambungan Tiang dengan Pengelasan

Tiang pancang harus dipancang sampai penetrasi maksimum atau penetrasi tertentu sesuai dengan perencanaan atau

Direksi Pekerjaan. Selanjutnya dilakukan pemancangan di titik berikutnya dengan langkah yang sama.

4.3.2. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor

4.3.2.1. Tahap Persiapan

1. Pembersihan lahan

Sebelum memulai pengeboran, perlu pembersihan lahan atau membuat lantai kerja. Untuk membersihkan lahan biasanya menggunakan backhoe. Jika kondisi lapangan merupakan tanah lunak, pembuatan lantai kerja bisa dari papan kayu atau besi. Lantai kerja ini berfungsi sebagai mobilitas alat bor.

2. Perakitan tulangan

Perakitan tulangan dilakukan di dekat lokasi sesuai dengan gambar rencana. Perakitan bisa dikerjakan secara manual atau dengan menggunakan mesin. Tulangan transversal pada tiang dibuat berbentuk spiral mengelilingi tulangan longitudinal.



Gambar 4.19. Perakitan Tulangan Tiang Bor

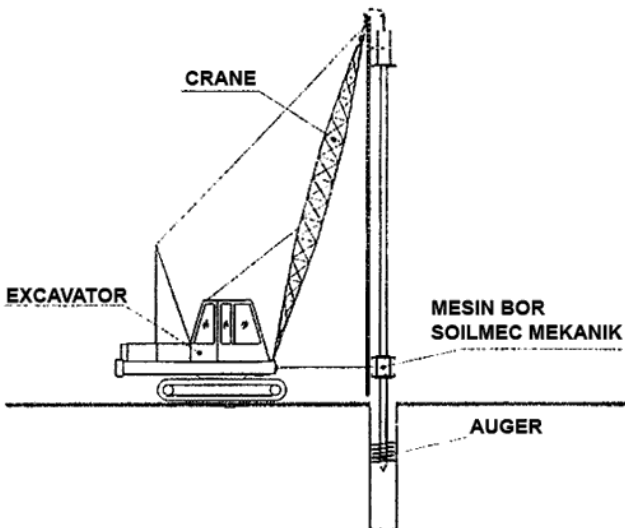
3. Pembuatan beton segar

Pencampuran semen, air dan agregat berdasarkan mix desain mutu yang direncanakan. Saat ini sudah banyak penyedia jasa dibidang *readymix*, sehingga bisa langsung pesan.

4.3.2.2. Tahap Pelaksanaan

1. Pengeboran tanah permukaan

Pekerjaan pengeboran dilakukan pada titik-titik pondasi tiang bor yang sudah di ukur sebelumnya dan telah ditandai dengan menggunakan patok. Pengeboran menggunakan *bore pile crane* dengan mata bor spiral berdiameter sesuai dengan diameter tiang, Setelah pengeboran mencapai kedalaman sekitar 9 meter untuk menghindari tanah di tepi lubang mengalami kelongsoran yang mengakibatkan tertutupnya lubang bor maka dilakukan pemasangan casing. Pemasangan casing dilakukan dengan bantuan *crawler crane*.



Gambar 4.20. Alat Bor

2. Pembersihan lubang

Membersihkan lubang bor dari endapan lumpur yang terdapat di dasar lubang menggunakan cleaning bucket. Bila kondisi tanahnya mudah runtuh, perlu penggunaan bahan adiktif berupa polymer. Polymer merupakan bahan campuran yang berfungsi untuk menstabilkan permukaan dinding lubang bor dengan menghambat laju perembesan air pada lapisan tanah tertentu dengan cara memperbesar nilai viskositas air yang terdapat dalam lubang bor sehingga dapat mengurangi kecepatan rembes air yang menggerus sisi tanah pada permukaan dinding lubang bor.

3. Pengeboran tanah dalam

Mengganti mata bor dengan bor bucket yang berfungsi menggali dan menyimpan tanah hasil pengeboran di dalam bucket untuk dibuang keluar lubang bor. Pengeboran dilanjutkan hingga kedalaman mencapai elevasi yang direncanakan. Dasar lubang bor dibersihkan dari bekas-bekas pengeboran dengan menggunakan cleaning bucket.

4. Pemasangan tulangan

Pada saat lubang bor sudah bersih dan pengerjaan pengecoran akan dilaksanakan, tulangan diangkat dan dimasukkan ke dalam lubang hasil pengeboran dengan bantuan *crawler crane* sesuai dengan rencana pada gambar rencana.



Gambar 4.21. Pengangkatan Tulangan Tiang Bor

5. Pengecoran beton

Pengecoran dikerjakan dengan menggunakan truk mixer, beton segar dituang ke dalam lubang dengan corong dan pipa tremie pendek (± 1 m) hingga terisi penuh. Casing yang masih terdapat di lubang bor dicabut perlahan-lahan dan memastikan ketinggian permukaan beton berada di atas rencana dasar *pile cap*. Jika perlu, casing sementara di cor sampai penuh sehingga ketinggian permukaan beton yang diinginkan tercapai.



Gambar 4.22. Pengecoran Tiang Bor

Jika di dalam lubang terdapat air atau lumpur yang cukup banyak maka pipa tremie dipasang sepanjang lubang yang dibor dengan ujungnya ditutup menggunakan plat baja yang disebut *end plate* atau dengan menggunakan plastic foam yang bertumpu pada dasar lubang untuk mencegah terjadinya tercampurnya beton segar dengan lumpur.



Gambar 4.23. Pengecoran Menggunakan Pipa Tremie

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perencanaan pondasi tiang pancang menggunakan tiang bulat diameter 60 cm dan 80 cm didapat pada kedalaman 52 m untuk tiang D60 dengan jumlah 476 titik tiang dan pada kedalaman 58 m untuk tiang D80 dengan jumlah 357 titik tiang.
2. Sementara pada perencanaan pondasi tiang bor menggunakan tiang diameter 80 cm, 100 cm dan 120 cm yang semua didapat pada kedalaman 70 m dengan jumlah 252 titik tiang untuk tiang D80, 209 titik tiang untuk tiang D100 dan 170 titik tiang untuk tiang D120.
3. Kebutuhan biaya dalam perencanaan pondasi tiang ini adalah Rp25.664.632.225 untuk tiang pancang D60, Rp27.945.960.313 untuk tiang pancang D80, Rp21.829.636.539 untuk tiang bor D80, Rp28.175.442.795 untuk tiang bor D100 dan Rp32.928.042.244 untuk tiang bor D120.
4. Dalam pelaksanaannya, pondasi tiang pancang dipasang ke dalam tanah dengan dipukul atau ditekan. Sementara pondasi tiang bor dipasang dengan membuat lubang pada tanah terlebih dulu dengan cara mengebor tanah dan kemudian dilakukan pengecoran di tempat.

5.2. Saran

Dalam menentukan pondasi yang akan dipilih tidak bisa hanya berdasarkan hasil perhitungan saja, melainkan perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Pondasi tiang bor bisa menjadi pilihan jika pembangunan dilakukan di lingkungan perkotaan yang ramai penduduk, karena pondasi tiang bor tidak menimbulkan kebisingan dan getaran ke lingkungan sekitar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Das, Braja M. 1983. *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*. London: Cengage Learning.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Kusnanto, Anton. 2015. *5 Hunian Jangkung Surabaya*. Surabaya: Majalah SCG, 1 Oktober 2015.

Husin, Nur Ahmad. 2015. *Struktur Beton*. Surabaya: Zifatama Publisher.

Pusat Bahasa Depdiknas. 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ketiga*. Jakarta: Balai Pustaka

Standar Nasional Indonesia. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. 1727:2013.

Standar Nasional Indonesia. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. 2847:2013.

Standar Nasional Indonesia. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. 1726:2012.

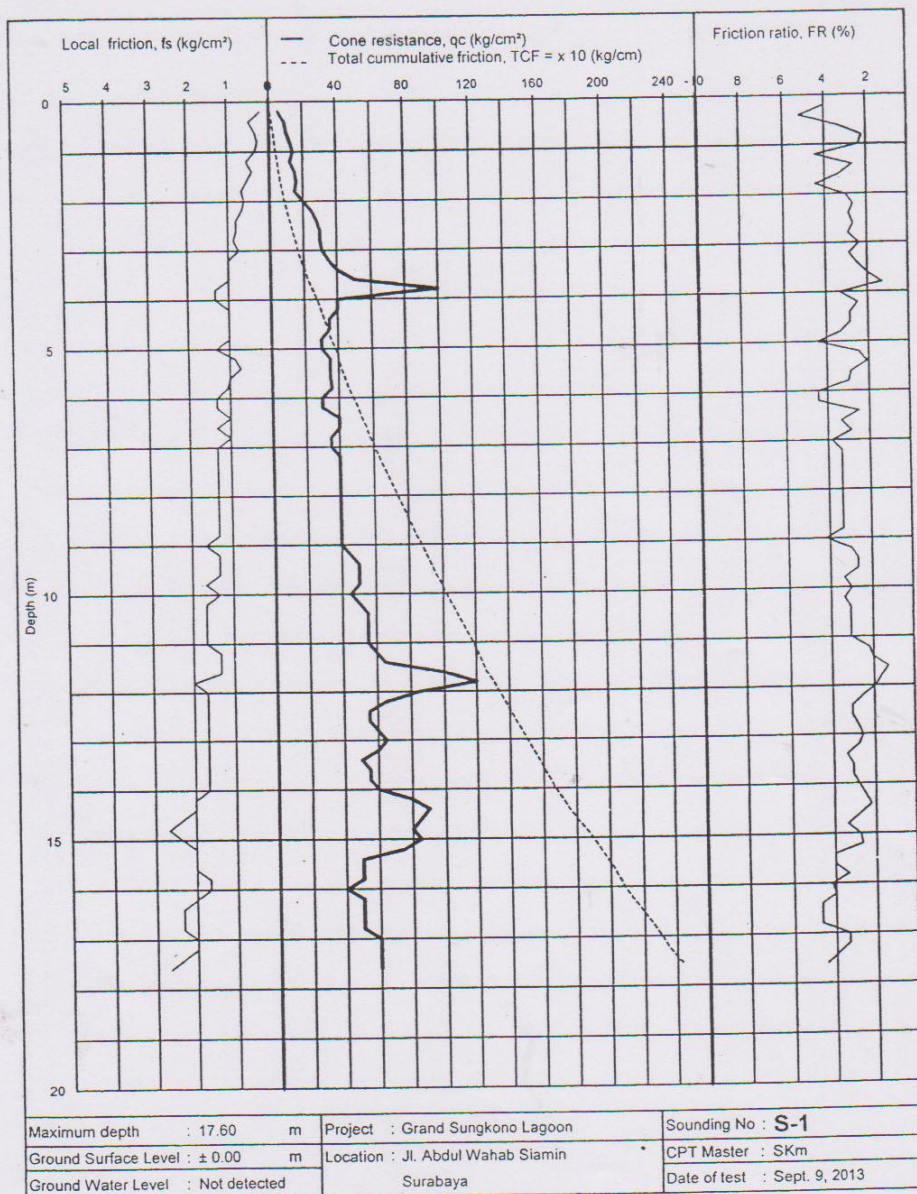
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

DATA TANAH



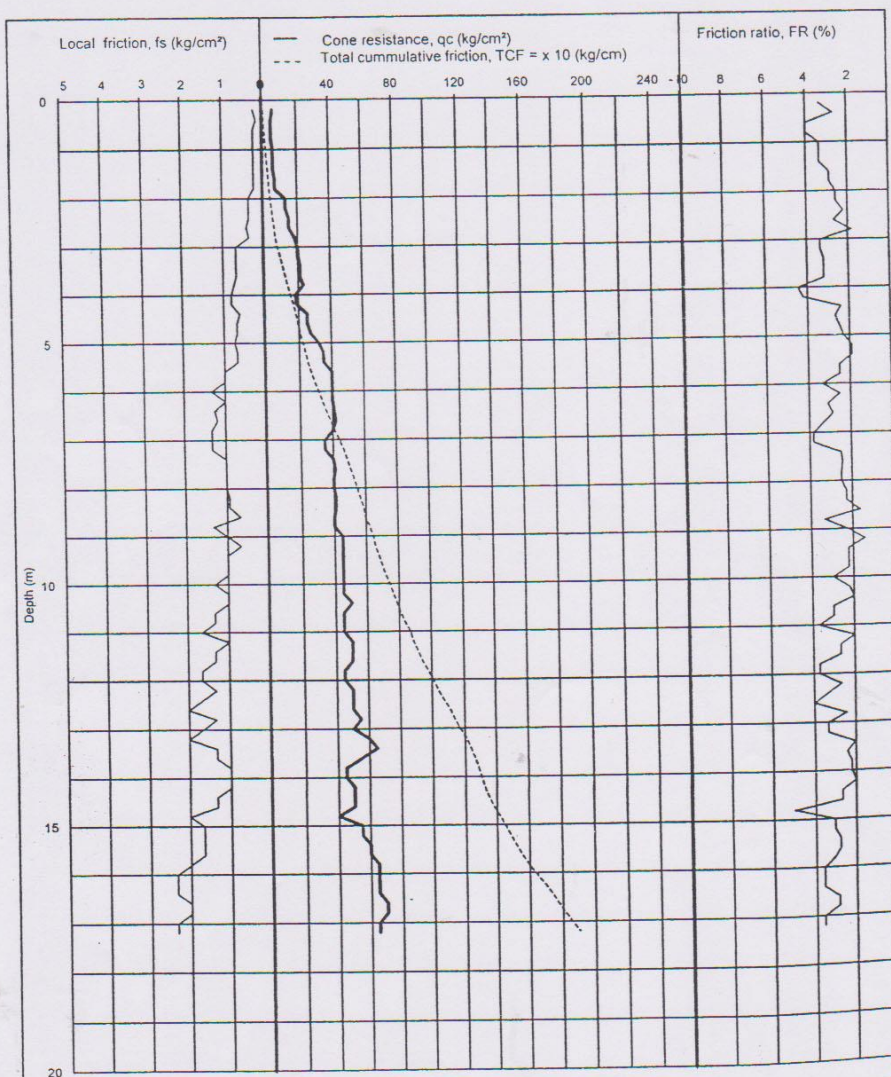
A.2.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)





TESTANA ENGINEERING, INC.
Soil Testings & Research Administration.

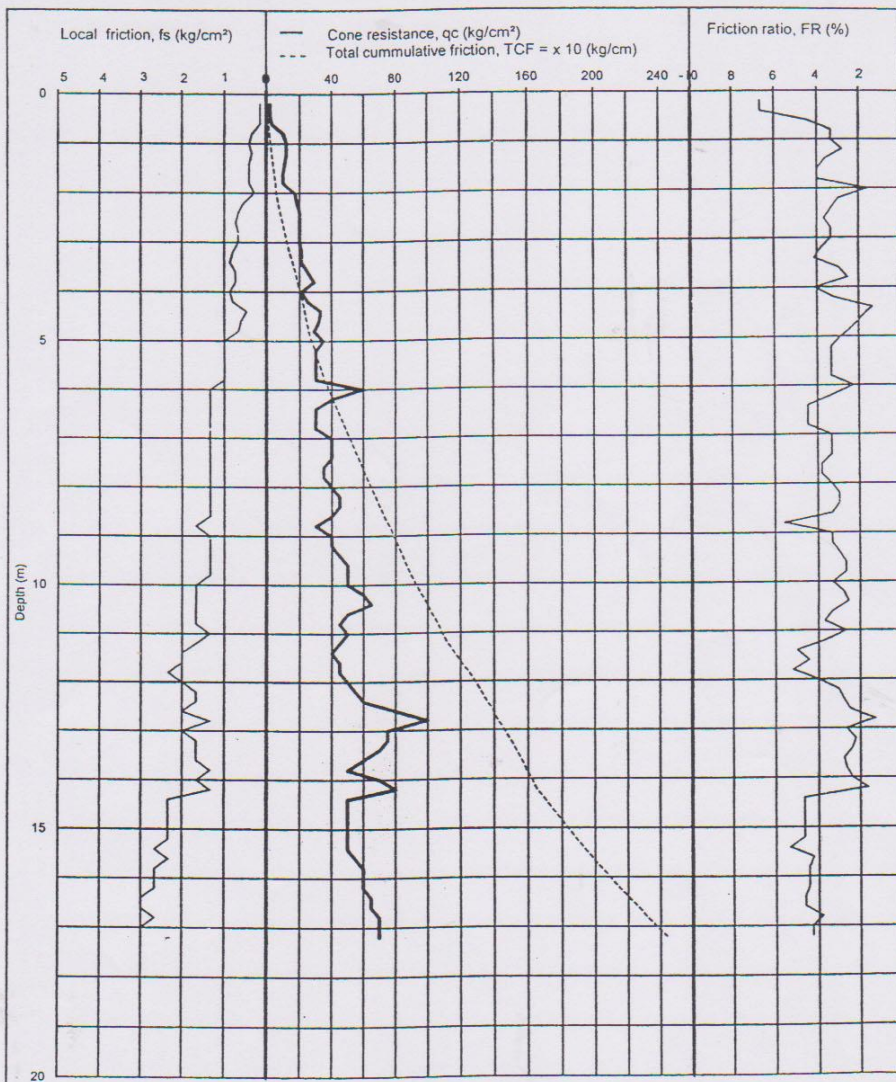
A.2.2. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



Maximum depth : 17.20 m	Project : Grand Sungkono Lagoon	Sounding No : S-2
Ground Surface Level : ± 0.00 m	Location : Jl. Abdul Wahab Siamin	CPT Master : SKm
Ground Water Level : Not detected	Surabaya	Date of test : August 30, 2013



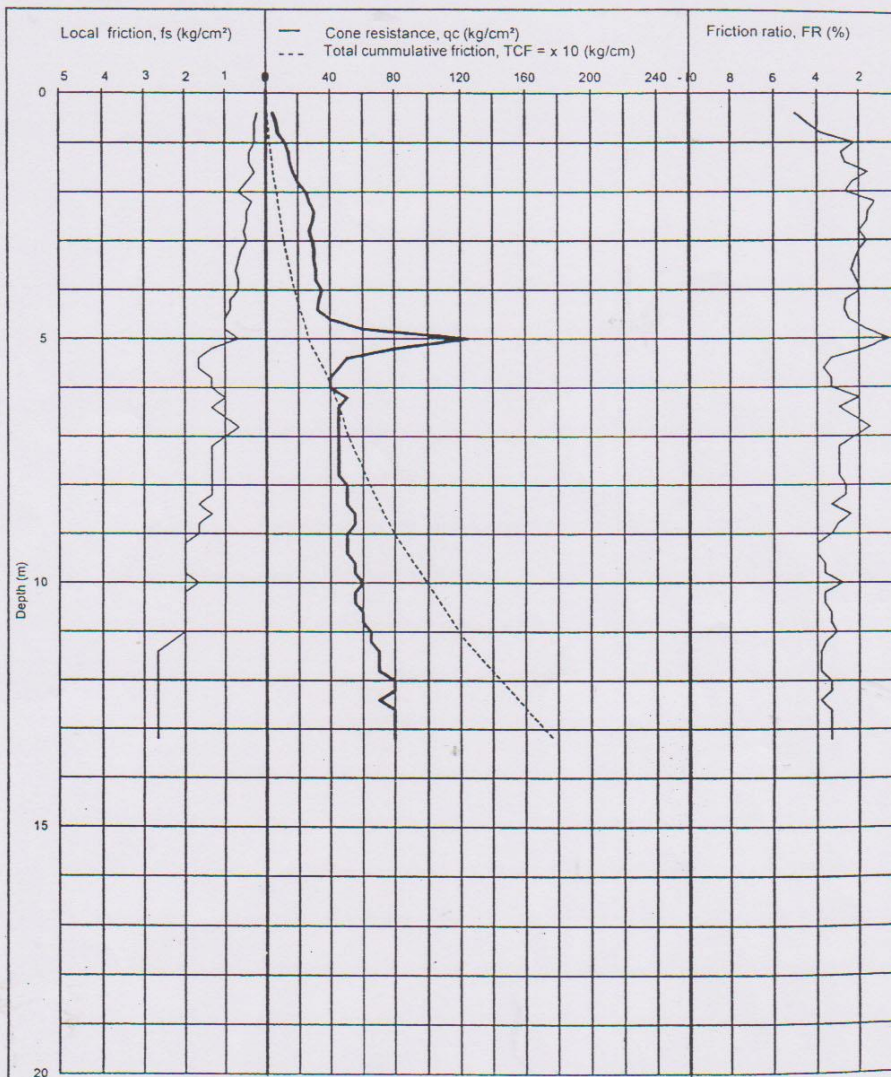
A.2.3. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



Maximum depth	: 17.20	m	Project	: Grand Sungkono Lagoon	Sounding No	: S-3
Ground Surface Level	: ± 0.00	m	Location	: Jl. Abdul Wahab Siamin	CPT Master	: SKm
Ground Water Level	: Not detected		Surabaya		Date of test	: Sept. 9, 2013



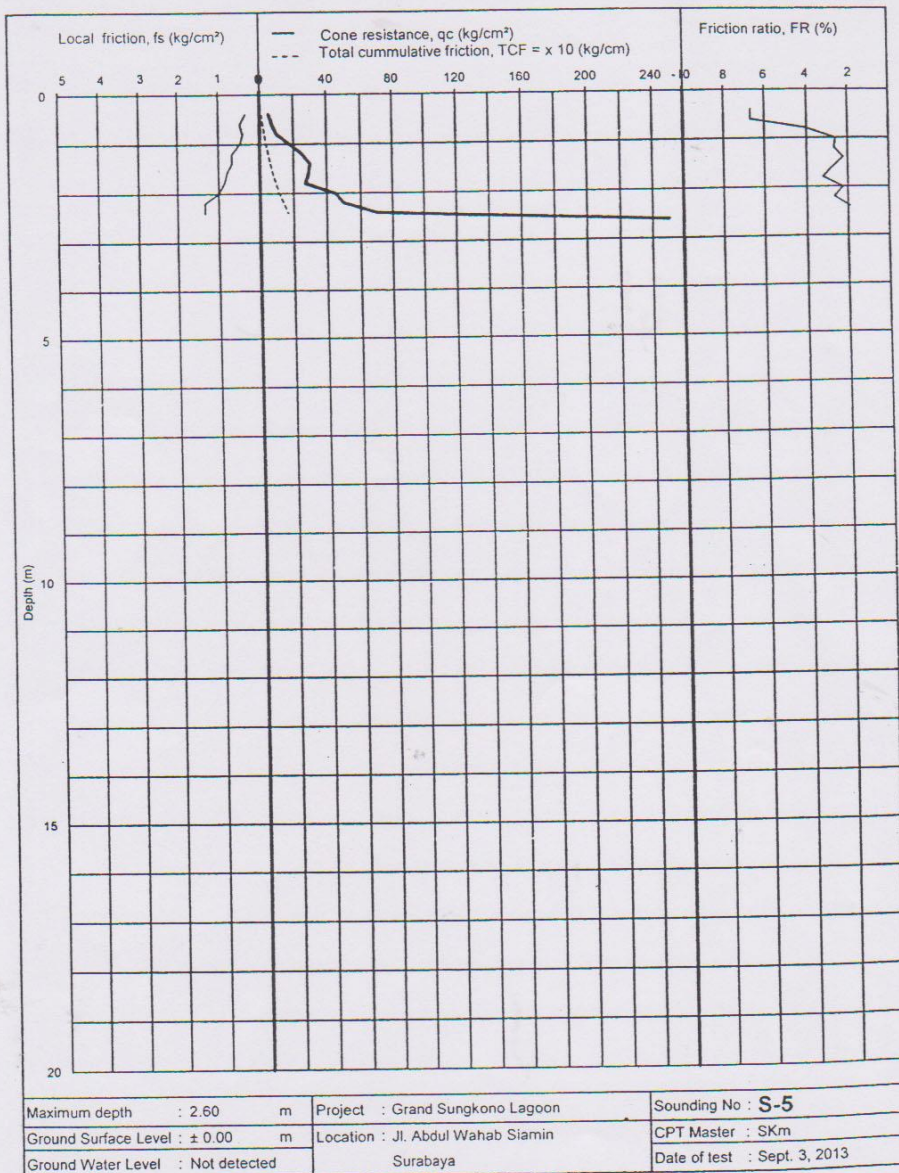
A.2.4. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



Maximum depth : 13.20 m	Project : Grand Sungkono Lagoon	Sounding No : S-4
Ground Surface Level : ± 0.00 m	Location : Jl. Abdul Wahab Siamin	CPT Master : SKm
Ground Water Level : Not detected	Surabaya	Date of test : Sept. 3, 2013

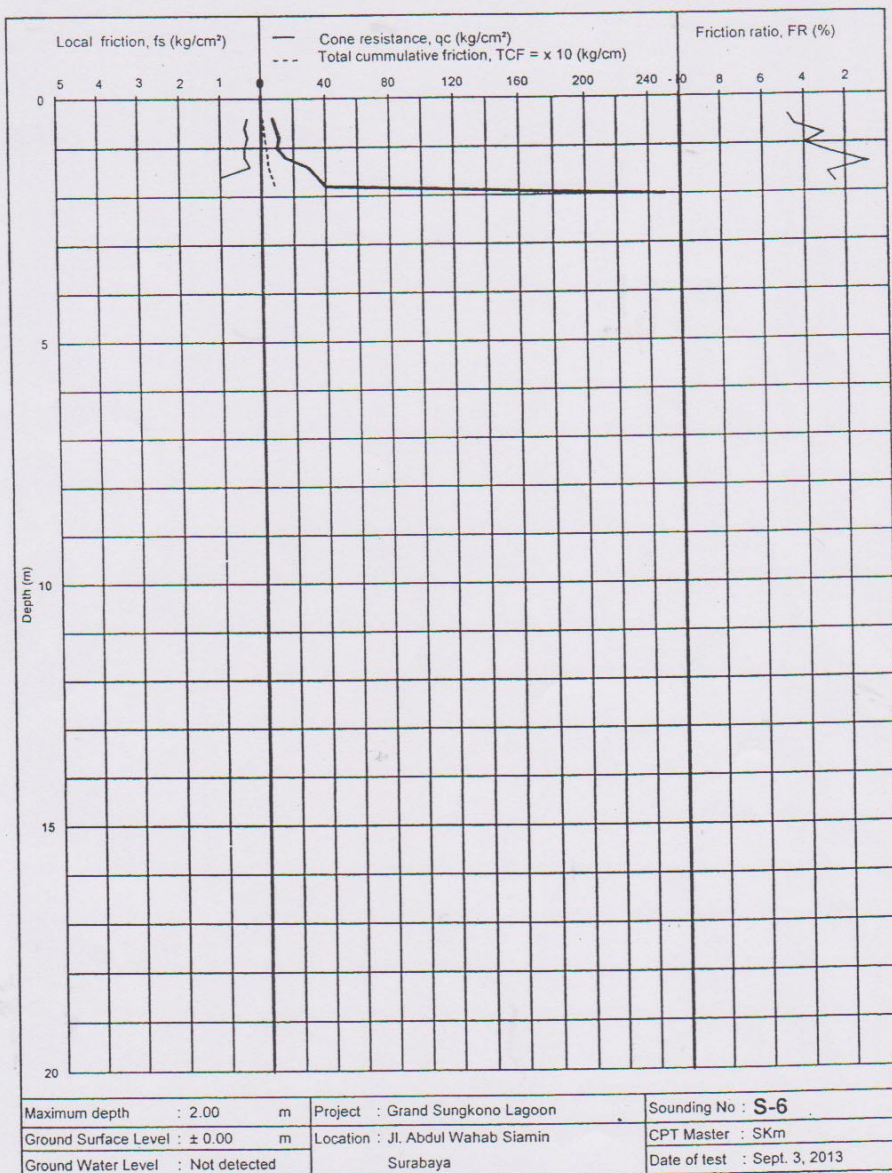


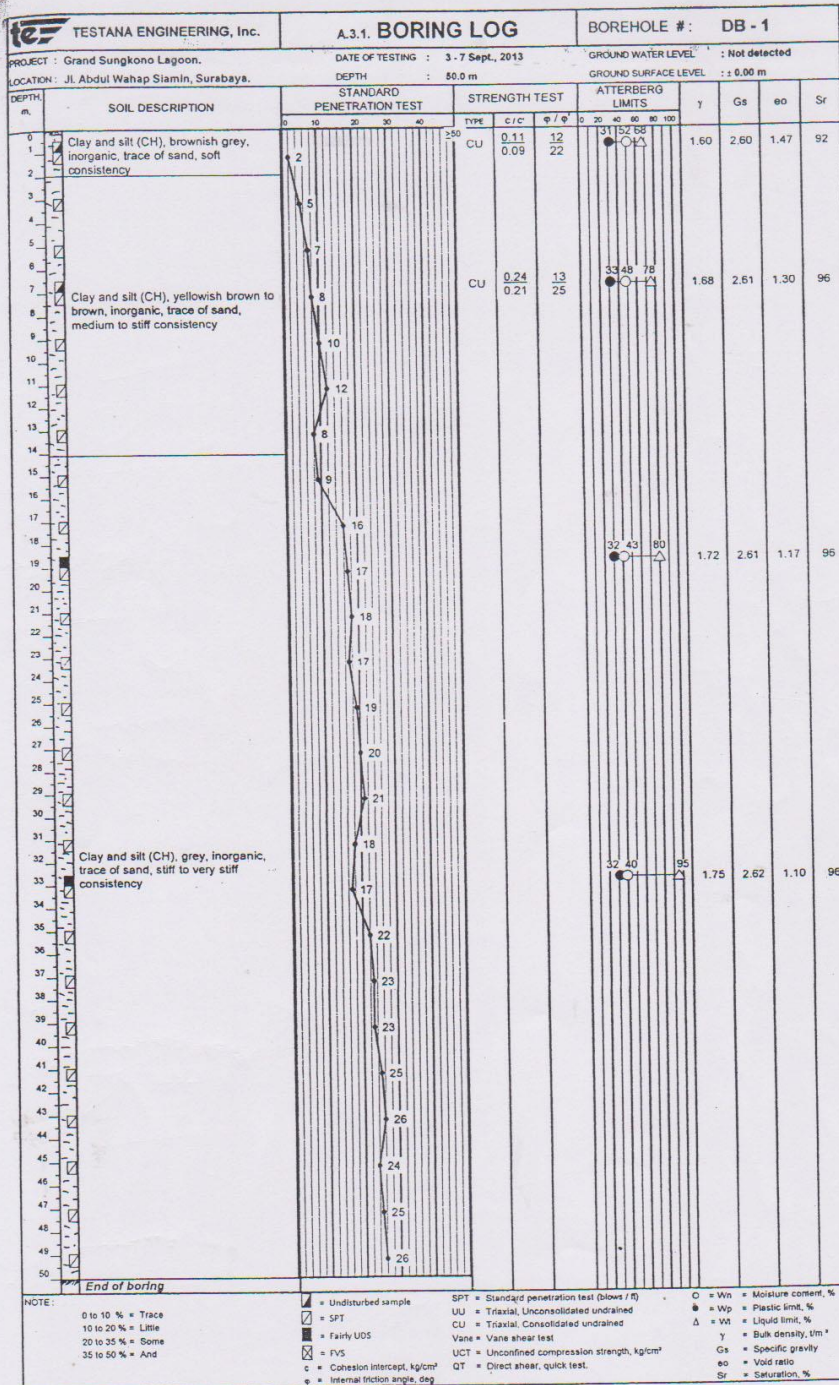
A.2.5. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)





A.2.6. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)







TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.2. BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 2₍₁₎

PROJECT : Grand Sungkono Lagoon.

DATE OF TESTING : 3 - 12 Sept., 2013

GROUND WATER LEVEL : Not detected

LOCATION : Jl. Abdul Wahap Siamin, Surabaya.

DEPTH : 80.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr	
		0 10 20 30 40 50				TYPE	C / C'	φ / φ'	0 20 40 60 80 100							
0																
1																
2																
3	Clay and silt (CH), brownish grey, inorganic, trace of sand, medium consistency															
4	Clay and silt (CH), brown, inorganic, trace of sand, very stiff consistency															
5																
6																
7																
8																
9																
10	Clay and silt (CH), yellowish brown to brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency															
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32	Clay and silt (CH), grey, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency															
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

▲ = Undisturbed sample
□ = SPT
■ = Fairly UDS
⊠ = FVS
c = Cohesion intercept, k_p/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, k_p/cm²
QT = Direct shear, quick test.

○ = W_n = Moisture content, %
● = W_p = Plastic limit, %
Δ = W_L = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
Gs = Specific gravity
eo = Void ratio
Sr = Saturation, %

PROJECT : Grand Sungkono Lagoon.

DATE OF TESTING : 3 - 12 Sept., 2013

GROUND WATER LEVEL : Not detected

LOCATION : Jl. Abdul Wahap Slamin, Surabaya.

DEPTH : 80.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST		STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS		γ	G_s	eo	Sr
		0 10 20 30 40 50	TYPE	C/C'	ϕ / ψ	0 20 40 60 80 100					
50	Clay and silt (CH), grey, inorganic, trace of sand, very consistency										
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80	End of boring										

NOTE:

0 to 10 % = Trace

10 to 20 % = Little

20 to 35 % = Some

35 to 50 % = And

= Undisturbed sample

= SPT

= Fairly UDS

= FVS

= Cohesion intercept, kg/cm²

= Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

UU = Triaxial, Unconsolidated undrained

CU = Triaxial, Consolidated undrained

Vane = Vane shear test

UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²

QT = Direct shear, quick test.

= Wn = Moisture content, %

= Wp = Plastic limit, %

= WL = Liquid limit, %

= γ = Bulk density, t/m³

= Gs = Specific gravity

= eo = Void ratio

= Sr = Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.3. BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 3

PROJECT : Grand Sungkono Lagoon,
LOCATION : Jl. Abdul Wahap Siamin, Surabaya.DATE OF TESTING : 4 - 8 Sept., 2013
DEPTH : 50.0 mGROUND WATER LEVEL : Not detected
GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e ₀	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	c / c'	φ / φ'	0	20	40	60	80					100
0																			
1																			
2	Clay and silt (CH), brownish grey, inorganic, trace of sand, soft																		
3																			
4	Clay and silt (CH), brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency																		
5																			
6	Clay and silt (CH), brown, inorganic, trace of sand, slightly hard consistency																		
7																			
8																			
9																			
10																			
11	Clay and silt (CH), yellowish brown to brown, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency																		
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32	Clay and silt (CH), grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																		
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50	End of boring																		

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

▲ = Undisturbed sample
□ = SPT
■ = Fairly UDS
⊗ = FVS
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

C = W_n = Moisture content, %
e^{*} = W_p = Plastic limit, %
Δ = W_L = Liquid limit, %
γ = Bulk density, γ_m *
Gs = Specific gravity
e₀ = Void ratio
Sr = Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.4. BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 4

PROJECT : Grand Sungkono Lagoon.

DATE OF TESTING : 31 August - 3 Sept, 2013

GROUND WATER LEVEL : Not detected

LOCATION : Jl. Abdul Wahap-Siamin, Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST			STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS		γ	Gs	e ₀	Sr
		0	10	20	30	40	TYPE	C / c'	φ / φ'				
0													
1	Clay and silt (CH), brownish grey, inorganic, trace of sand, soft consistency						CU	0.12 0.10	15 29				
2													
3													
4	Clay and silt (CH), brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency												
5													
6													
7													
8													
9	Clay and silt (CH), yellowish brown to brown, inorganic, trace to little of sand, stiff to very stiff consistency						CU	0.20 0.10	13 30				
10													
11													
12													
13													
14													
15	Clay and silt (CH), brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency												
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27	Clay and silt (CH), grey, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency												
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40	End of boring												

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

□ = Undisturbed sample
▨ = SPT
▩ = Fairly UDS
▧ = FVS
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test

O = W_n = Moisture content, %
● = W_p = Plastic limit, %
Δ = W_L = Liquid limit, %
γ = Bulk density, U/m³
Gs = Specific gravity
e₀ = Void ratio
Sr = Saturation, %

A.5. Summary of Laboratory Test Result.

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Borehole ID	DB-1												
Sample depth, m	0.5	6.5	18.5	32.5	2.5	10.5	26.5	4.5	12.5	30.5	0.5	8.5	22.5
Specific gravity, Gs	2.60	2.61	2.61	2.62	2.61	2.65	2.58	2.64	2.58	2.58	2.62	2.62	2.60
Liquid Limit (LL)	68	78	80	95	73	89	62	68	73	56	63	58	77
Plastic Limit (PL)	31	33	32	32	28	32	23	26	28	26	22	23	34
Index Plasticity (IP)	37	45	48	63	45	57	39	42	45	30	41	35	43
Wet Density, gr/cm ³	1.60	1.68	1.72	1.75	1.80	1.70	1.78	1.70	1.73	1.81	1.66	1.71	1.78
Dry Density, gr/cm ³	1.05	1.14	1.20	1.25	1.32	1.16	1.30	1.16	1.23	1.34	1.11	1.19	1.29
Natural Water Content, %	52	48	43	40	36	46	37	46	41	35	49	44	38
Liquidity index	0.57	0.33	0.23	0.13	0.18	0.25	0.36	0.48	0.29	0.30	0.66	0.60	0.09
Void Ratio	1.47	1.30	1.17	1.10	0.97	1.28	0.89	1.27	1.10	0.92	1.35	1.21	1.02
USCS Classification	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Soil type	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay	Silty clay
Grain Size Test	% Gravel	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19	-	-
	% Sand	15.81	0.92	-	-	0.22	0.56	4.81	-	0.62	7.49	12.26	-
	% Silt	65.66	77.55	-	-	63.98	69.60	66.62	-	71.57	61.31	72.25	-
	% Clay	18.33	21.53	-	-	35.81	29.85	28.57	-	27.82	31.21	15.50	-
Strength Test	Consistency, kg/cm ²	0.11	0.24	-	0.27	0.24	-	0.30	0.30	-	0.12	0.20	-
	Angle of Int. Friction (deg)	12	13	-	17	10	-	16	15	-	15	13	-
	Consolidation effective, kg/cm ²	0.09	0.21	-	0.20	0.20	-	0.25	0.26	-	0.10	0.10	-
	Angle of Int. Friction effective (deg)	22	25	-	33	29	-	27	29	-	29	30	-
Consolidation Test	Compression Index, C _c	-	-	0.38	0.43	0.33	-	0.47	-	0.38	0.46	0.45	0.48
	EE overburden pressure, p _v (kg/cm ²)	-	-	3.18	5.69	0.45	-	4.72	-	2.16	5.52	1.45	4.01
	Preconsolidation pressure, p _c (kg/cm ²)	-	-	4.00	6.00	0.55	-	2.20	-	2.40	6.00	1.10	4.00
	Swelling index, C _s	-	-	0.12	0.18	0.04	-	0.10	-	0.08	0.17	0.07	0.21
	Coefficient of volume change, m _v (cm ³ /kg)	-	-	0.018	0.013	0.067	-	0.022	-	0.020	0.017	0.056	0.025
OCR	-	-	1.3	1.1	1.2	-	0.5	-	1.1	1.1	-	0.8	1.0



A.8.3. CONSOLIDATION TEST

Project : Grand Sungkono Lagoon
Location : Jl. Abdul Wahab Siamin, Surabaya
Boring No : DB-2A
Depth : 2.50-3.00 m

Test No : -
Date : Sept 21, 2013
Tested by : BR
Checked by : DM

Aparatus
ring height, cm = 1.95
diameter, cm = 5.05
A area, cm² = 20.03

G_s = 2.61
e_o = 0.97

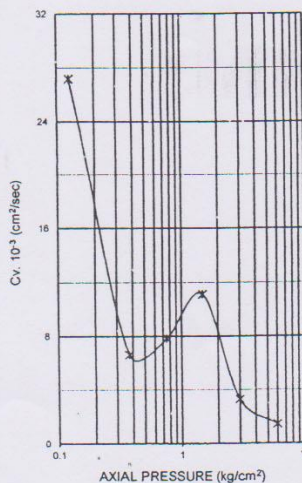
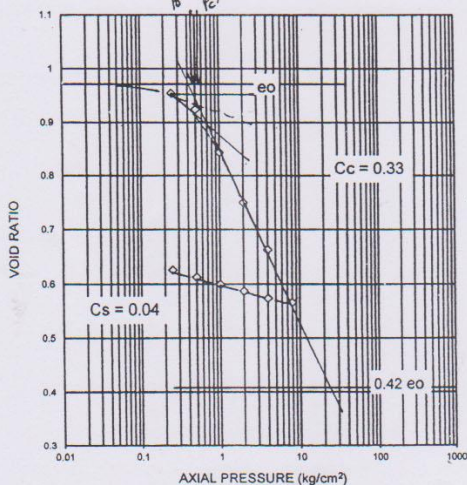
W_s, solid weight (gr) = 51.69
2H_o, solid height (cm) = 0.99

Applied pressure P (kg/cm ²)	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2H _o	$e = \frac{2H-2H_o}{2H_o}$	Fitting time (sec)	CV, Coef of consolidation
						t ₉₀ t ₁₅₀	$0.848H^2/t_{90}$ $0.197H^2/t_{150}$
0.00	1.000		1.950	0.961	0.972		
0.25	0.983	0.017	1.933	0.944	0.955	29.40	2.72E-02
0.50	0.953	0.030	1.903	0.914	0.924	117.60	6.63E-03
1.00	0.873	0.080	1.823	0.834	0.844	93.75	7.85E-03
2.00	0.780	0.093	1.730	0.741	0.750	60.00	1.12E-02
4.00	0.695	0.085	1.645	0.656	0.664	183.75	3.29E-03
8.00	0.599	0.096	1.549	0.560	0.566	375.00	1.44E-03
4.00	0.607	-0.008	1.557	0.568	0.575		
2.00	0.620	-0.013	1.570	0.581	0.588		
1.00	0.632	-0.012	1.582	0.593	0.600		
0.50	0.645	-0.013	1.595	0.606	0.613		
0.25	0.658	-0.013	1.608	0.619	0.626		

Liquid Limit (%) 73
Plasticity Index (%) 45
Specific Gravity 2.61
Preconsolidation pressure (ka/cm²) 0.55
Effective overburden pressure (ka/cm²) 0.45

Sample height (cm) 1.95
Water content (5) 36.0
Dry unit weight (ar/cm³) 1.32
Void ratio 0.97
Saturation 97

Before After
1.95 1.61
36.0 24.0
1.32 1.61
0.97 0.63
97 100





A.8.4. CONSOLIDATION TEST

Project : Grand Sungkono Lagoon
Location : Jl. Abdul Wahab Siamin, Surabaya
Boring No. : DB-2A
Depth : 26.50-27.00 m

Test No. : -
Date : Sept 16, 2013
Tested by : BR
Checked by : DM

Aparatus
ring height, cm = 1.95
diameter, cm = 5.05
A area, cm² = 20.03

G_s = 2.58
e_o = 0.99

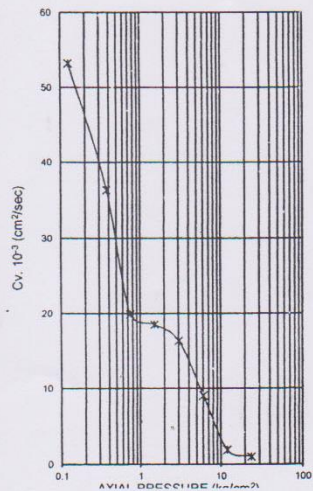
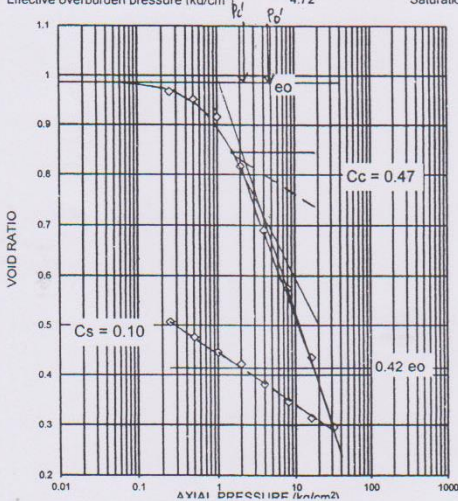
W_{s,solid} weight (gr) = 50.75
2H_{o,solid} height (cm) = 0.98

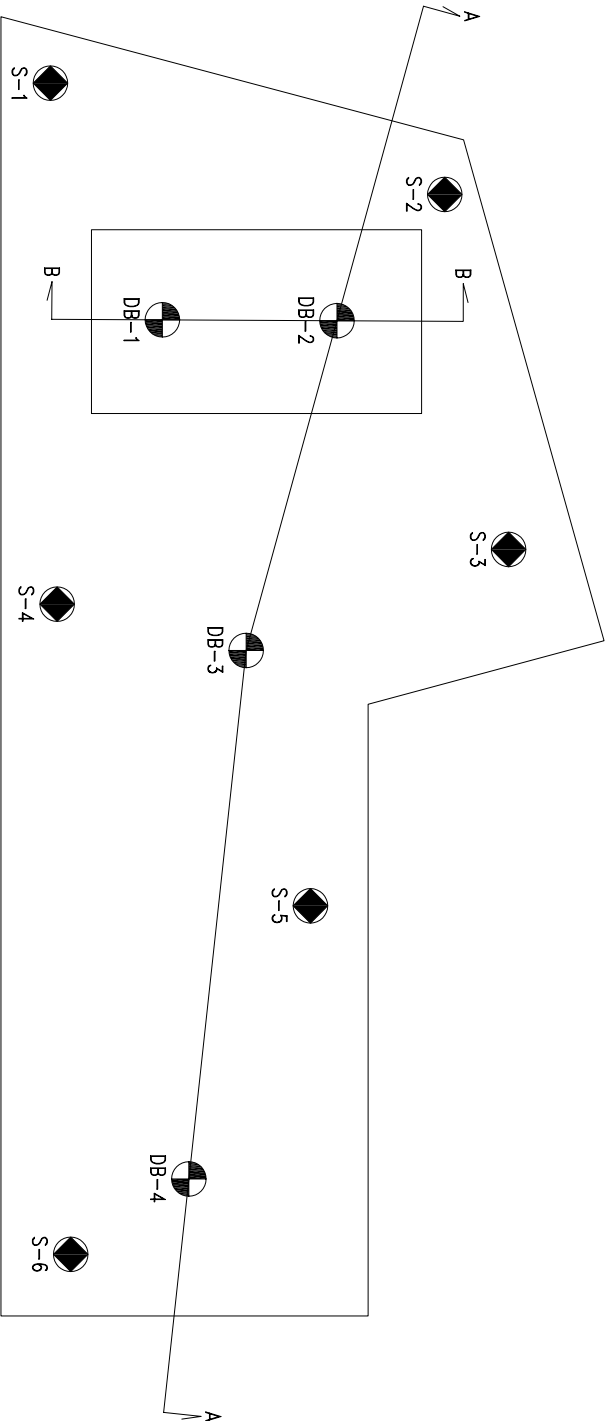
Applied pressure P (kg/cm ²)	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2Ho	e = $\frac{2H-2Ho}{2Ho}$	Fitting time (sec)	CV. Coef of consolidation
						t ₉₀ t ₁₅₀	$0.848H^2/t_{90}$ $0.197H^2/t_{150}$
0.00	1.000	0.018	1.950	0.968	0.986	15.00	5.32E-02
0.25	0.982	0.015	1.932	0.950	0.967	21.60	3.64E-02
0.50	0.967	0.036	1.917	0.935	0.952	38.40	1.99E-02
1.00	0.931	0.097	1.881	0.899	0.915	38.40	1.85E-02
2.00	0.834	0.124	1.784	0.802	0.817	38.40	1.64E-02
4.00	0.710	0.113	1.660	0.678	0.690	60.00	9.08E-03
8.00	0.597	0.137	1.547	0.565	0.575	240.00	1.93E-03
16.00	0.460	0.138	1.410	0.428	0.436	375.00	1.02E-03
32.00	0.323	-0.019	1.273	0.290	0.296		
16.00	0.341	-0.032	1.291	0.309	0.315		
8.00	0.373	-0.034	1.323	0.341	0.347		
4.00	0.407	-0.040	1.357	0.375	0.382		
2.00	0.447	-0.023	1.397	0.415	0.423		
1.00	0.470	-0.030	1.420	0.438	0.446		
0.50	0.500	-0.030	1.450	0.468	0.477		
0.25	0.530		1.480	0.498	0.507		

Liquid Limit (%) 62
Plasticity Index (%) 39
Specific Gravity 2.58
Preconsolidation pressure (kg/cm²) 1.2
Effective overburden pressure (kg/cm²) 4.72

Sample height (cm) 1.95
Water content (%) 37.0
Dry unit weight (gr/cm³) 1.30
Void ratio 0.99
Saturation 97

	Before	After
Sample height (cm)	1.95	1.48
Water content (%)	37.0	19.7
Dry unit weight (gr/cm ³)	1.30	1.71
Void ratio	0.99	0.51
Saturation	97	100



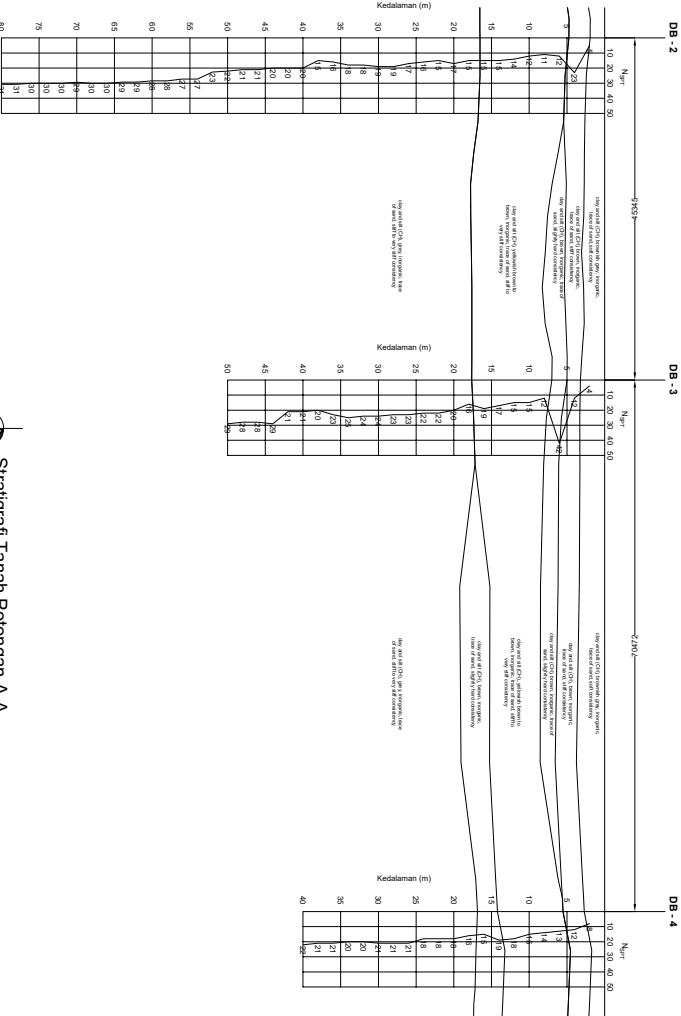


Denah Lokasi Pengujian Tanah
Skala 1 : 500



PROGRAM DIPLOMA IV
TEKNIK TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN FAKULTAS TEKNIK SIPIL
INSTRUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	SKALA
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBAANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA	Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001	Denah Lokasi Pengujian Tanah	1 : 500
	MAHASISWA		
	Muhammad Goniex Yafy B NRP. 3113041094		





JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCAANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOOIN
SURABAYA

JUDUL GAMBAR

SKALA

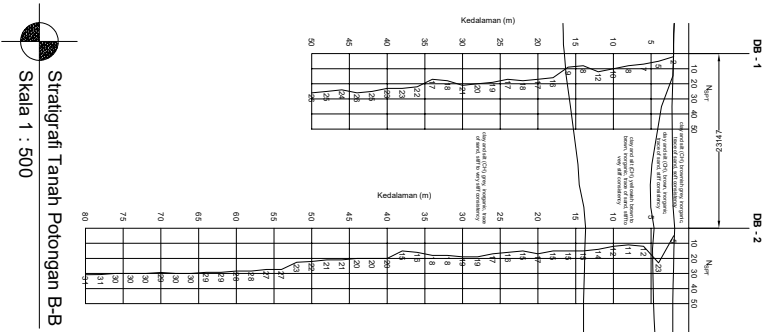
DOSEN PEMBIMBING
Mohamad Khoirif, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

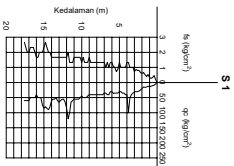
MAHASISWA


Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

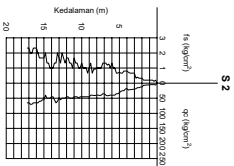
Stratigrafi Tanah Potongan B-B


1 : 500

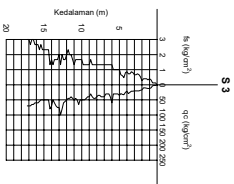





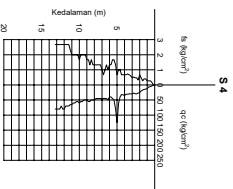

Grafik Sondir S-1
Skala 1 : 500




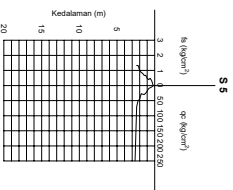

Grafik Sondir S-2
Skala 1 : 500




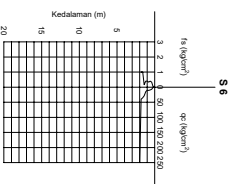

Grafik Sondir S-3
Skala 1 : 500





Grafik Sondir S-4
Skala 1 : 500




Grafik Sondir S-5
Skala 1 : 500




Grafik Sondir S-6
Skala 1 : 500



JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING		JUDUL GAMBAR	SKALA
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANGCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA	Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001		Grafik Sondir	1 : 500
	MAHASISWA			
	Muhammad Qoniek Yafy B NRP. 3113041094			

LAMPIRAN 2

GAMBAR RENCANA



JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

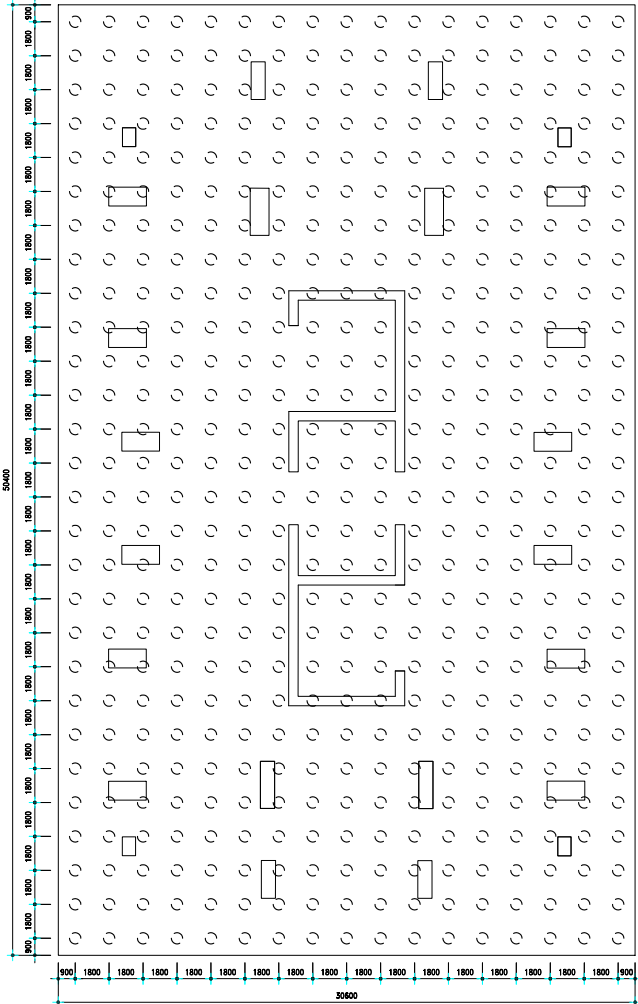
Muhammad Goniex Yafy B
NIP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Tiang
Pancang D60

SKALA

1 : 200



Denah Pondasi Tiang Pancang D60

Skala 1 : 200



JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUGKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

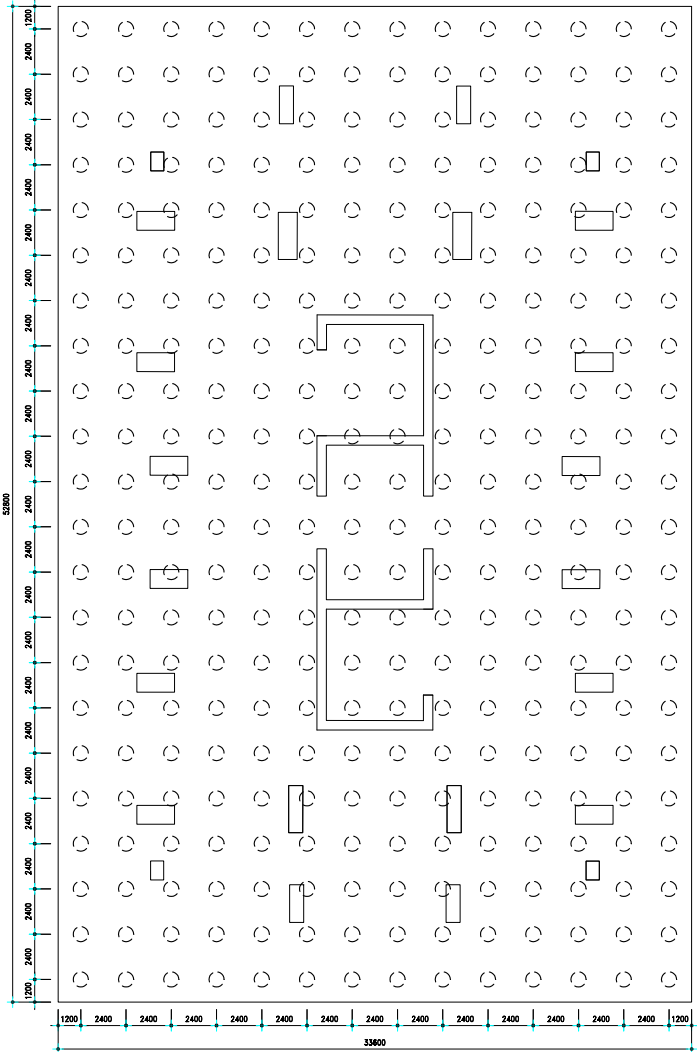
JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Tiang
Pancang D80

SKALA

1 : 200

Denah Pondasi Tiang Pancang D80
Skala 1 : 200





JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCAANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoirif, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

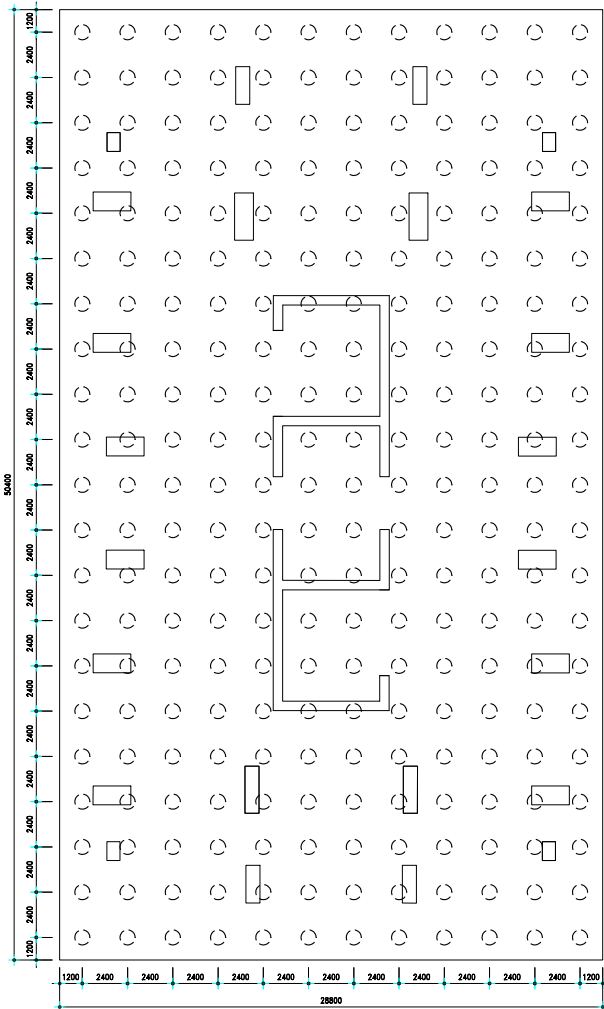
JUDUL GAMBAR

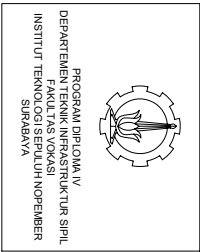
Denah Pondasi Tiang
Bor D80

SKALA

1 : 200

Denah Pondasi Tiang Bor D80
Skala 1 : 200





JUDUL TUGAS

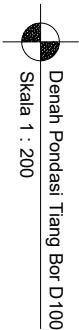
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANGCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SINGKONO LAGOON SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING
Mohamed Khoir, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001
MAHASISWA
Muhammad Conek Yafy B NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Tiang
Bor D100

SKALA	1 : 200
-------	---------





JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANGCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUGKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoirif, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

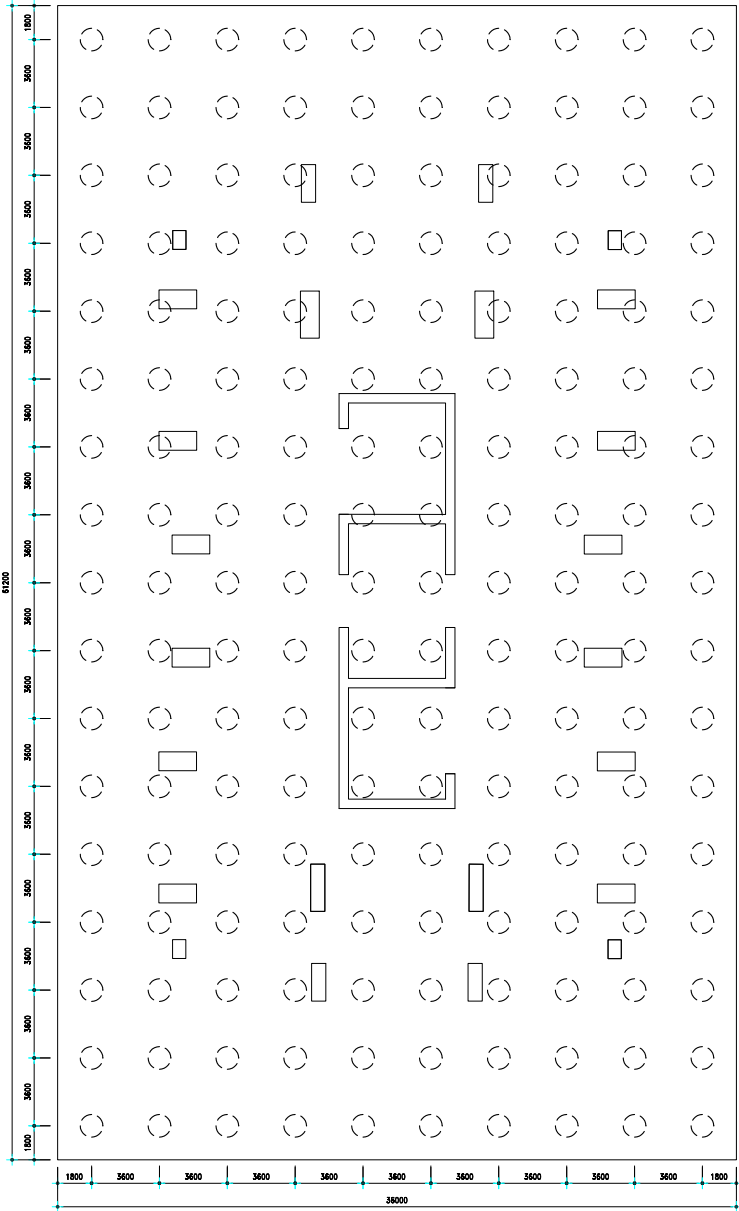
Muhammad Goniok Yafy B
NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Tiang
Bor D120

SKALA

1 : 200





PROGRAM DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK ARSITEKTUR SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

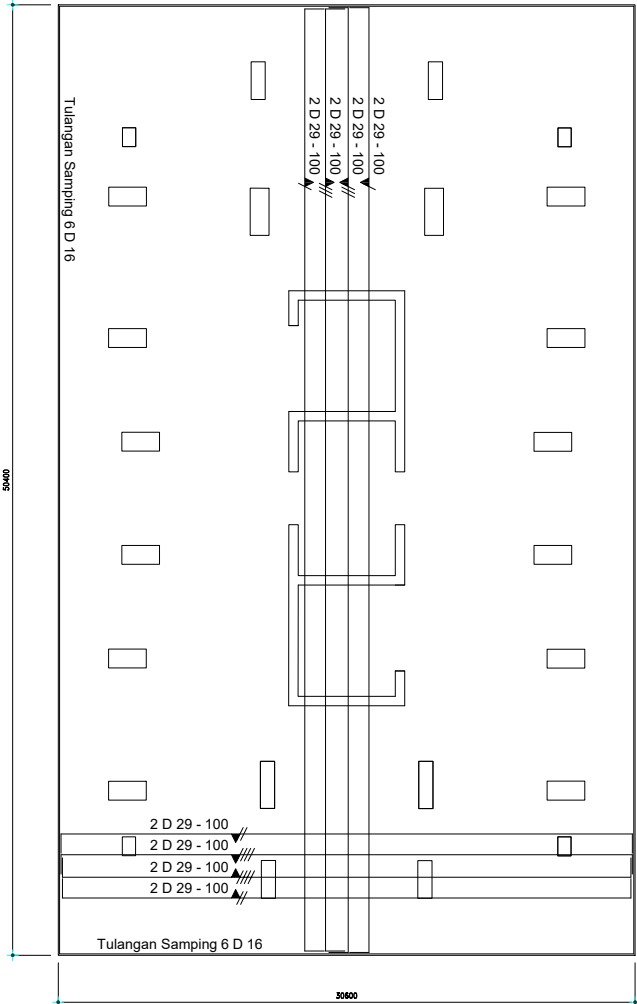
Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Penulangan *Pile Cap*
Pondasi Tiang Pancang
D60

SKALA

1 : 200





JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

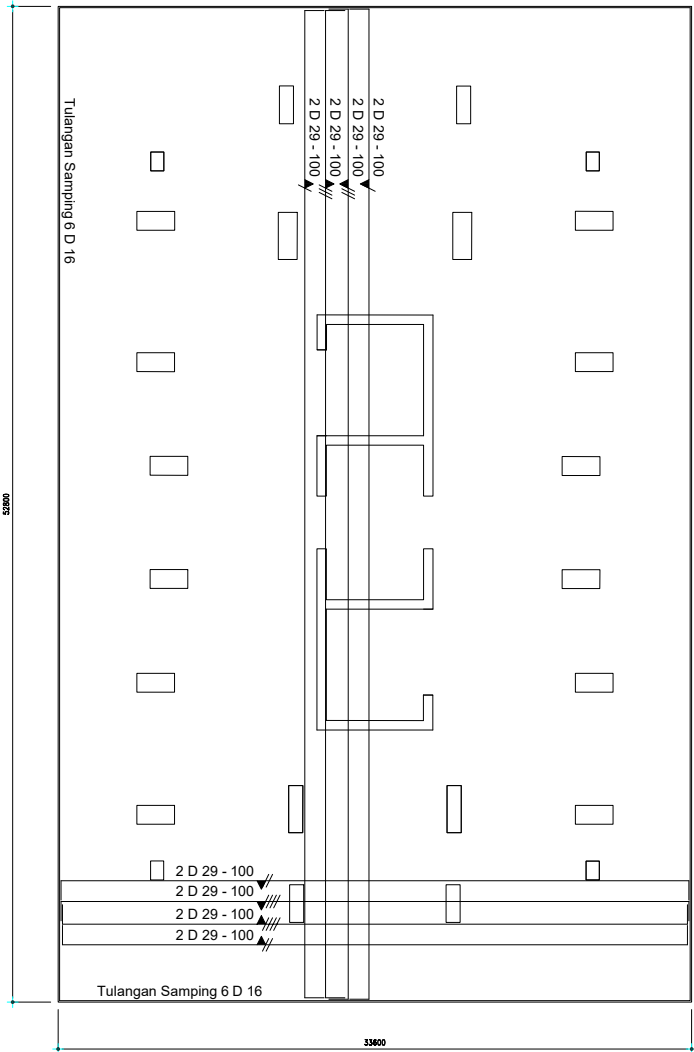
Muhammad Goniex Yafy B
NIP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Penulangan *Pile Cap*
Pondasi Tiang Pancang
D80

SKALA

1 : 200





PROGRAM DIPLOMA IV
TEKNIK KEBANGSAAN
DEPARTEMEN TEKNIK ARSITEKTUR SIPIL
FASILITAS LOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoirif, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

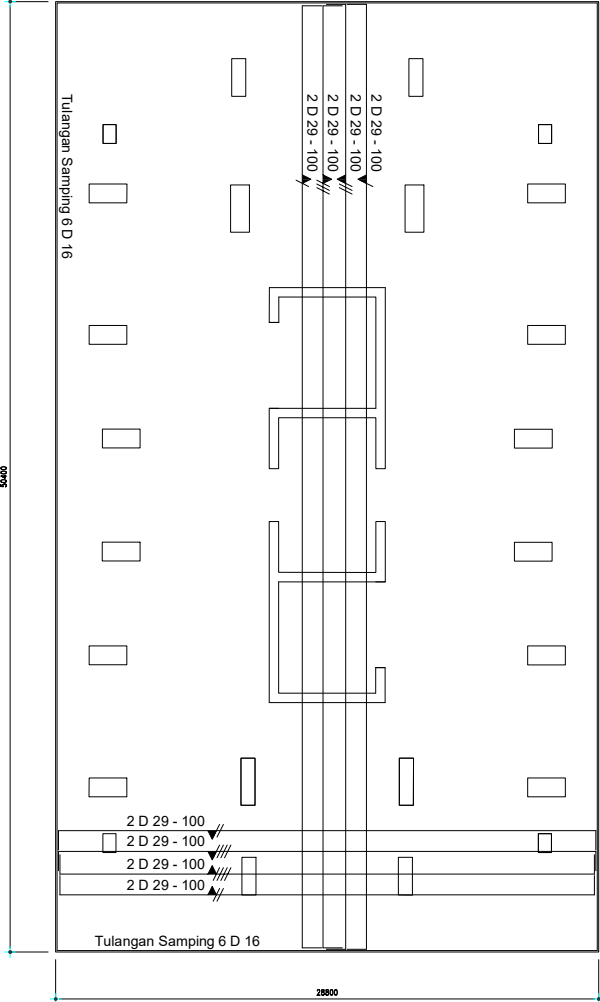
Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Penulangan *Pile Cap*
Pondasi Tiang Bor D80

SKALA

1 : 200



Penulangan *Pile Cap* Pondasi Tiang Bor D80
Skala 1 : 200



PROGRAM DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK ARSITEKTUR SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBAANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

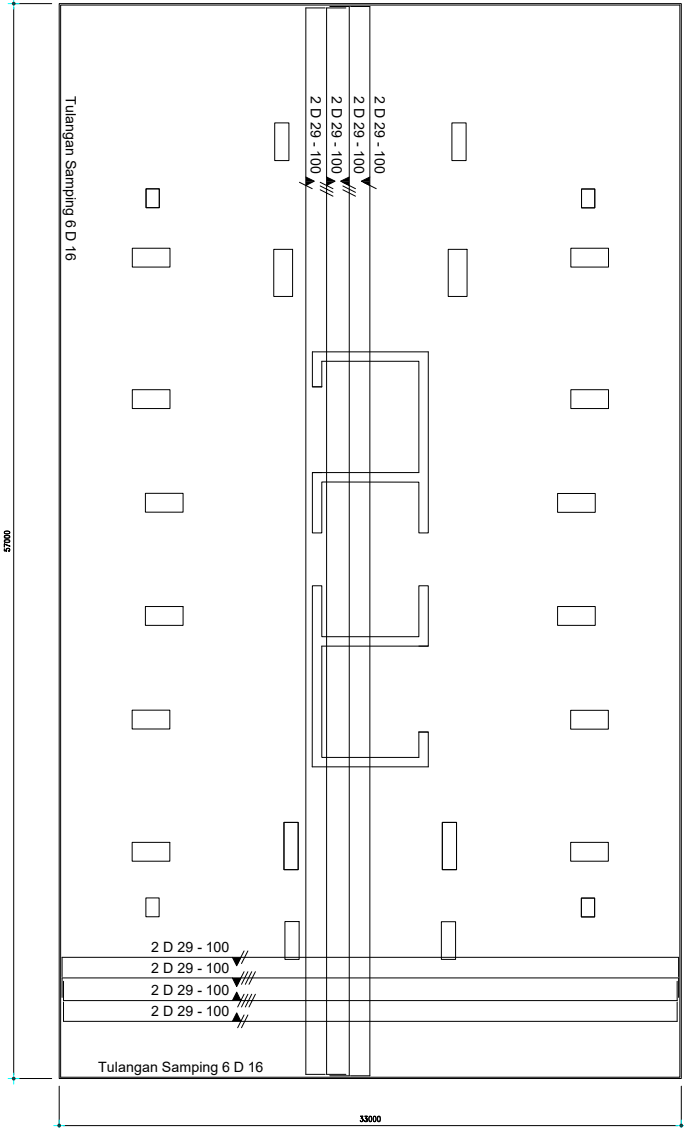
Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Penulangan *Pile Cap*
Pondasi Tiang Bor D100

SKALA

1 : 200





PROGRAM DIPLOMA IV
TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
PONDASI TIANG BOR PADA PEMBAANGUNAN
APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

Muhammad Goniex Yafy B
NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

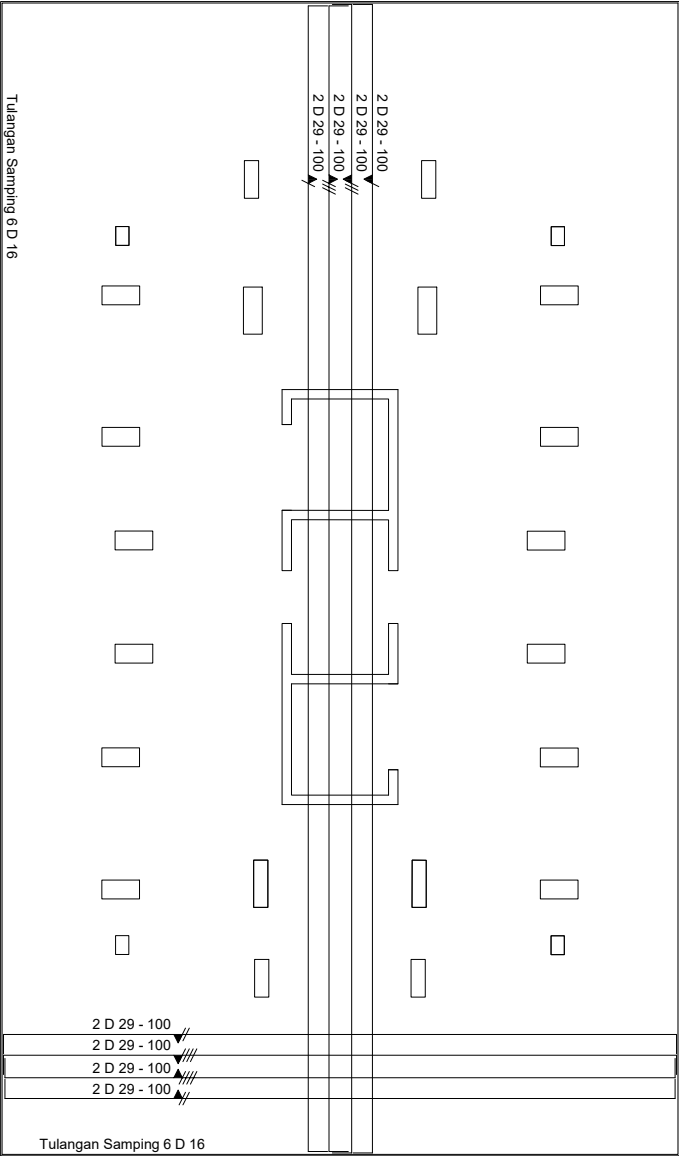
Penulangan *Pile Cap*
Pondasi Tiang Bor D120

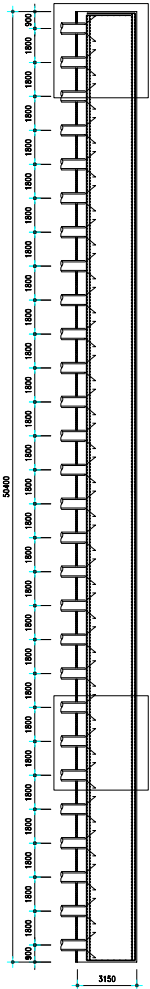
SKALA

1 : 200

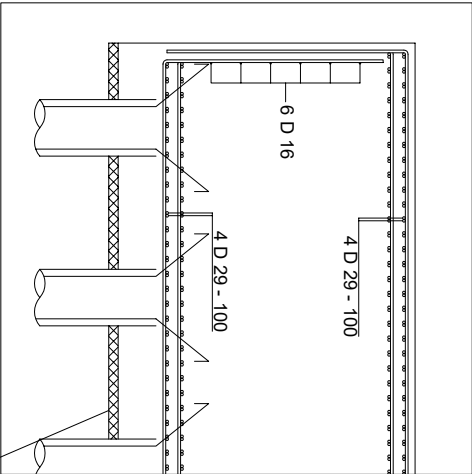
00219

Penulangan *Pile Cap* Pondasi Tiang Bor D120
Skala 1 : 200

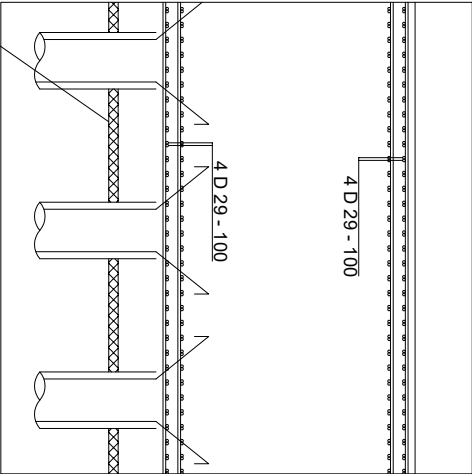




Potongan Memanjang *Pile Cap* Pondasi Tiang Pancang D60
 Skala 1 : 200



Skala 1 : 40



Skala 1 : 40

Lantai kerja tebal 50 mm



PROGRAM DIPLOMA IV
 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN
 ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN
 PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN
 APARTEMEN GRAND SUGKONO LAGOON
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D.
 NIP. 19740626 200312 1 001

MAHASISWA

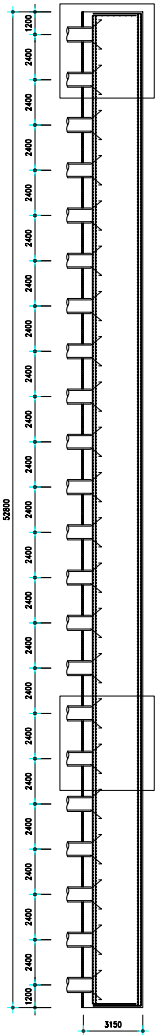
Muhammad Goniex Yafy B
 NRP. 3113041094

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang
Pile Cap Pondasi Tiang
 Pancang D60

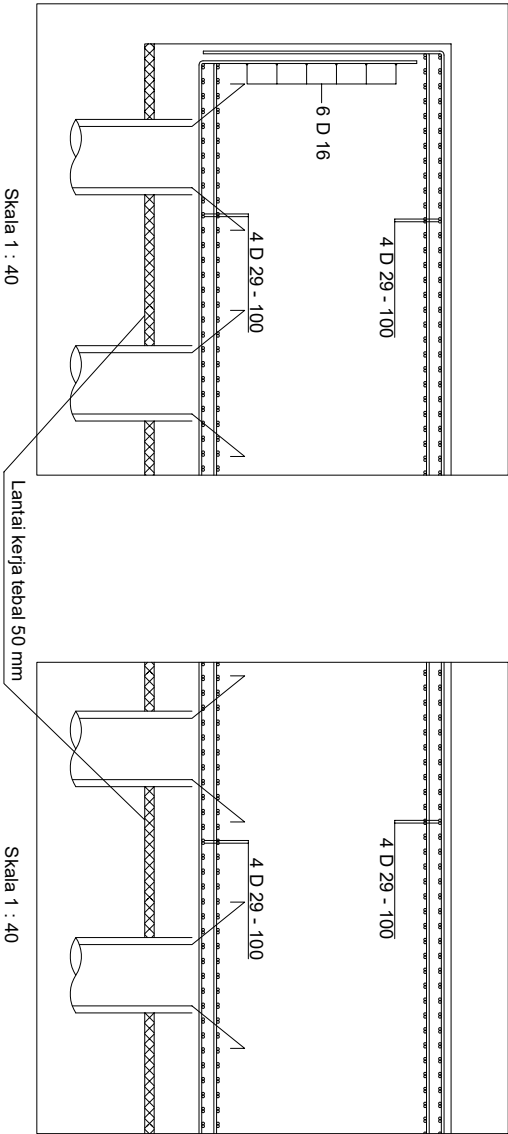
SKALA

1 : 200
 1 : 40



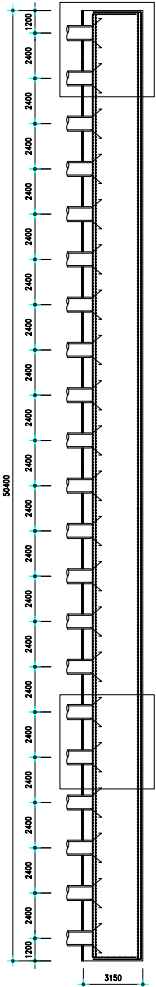
Potongan Memanjang *Pile Cap* Pondasi Tiang Pancang D80

 Skala 1 : 200

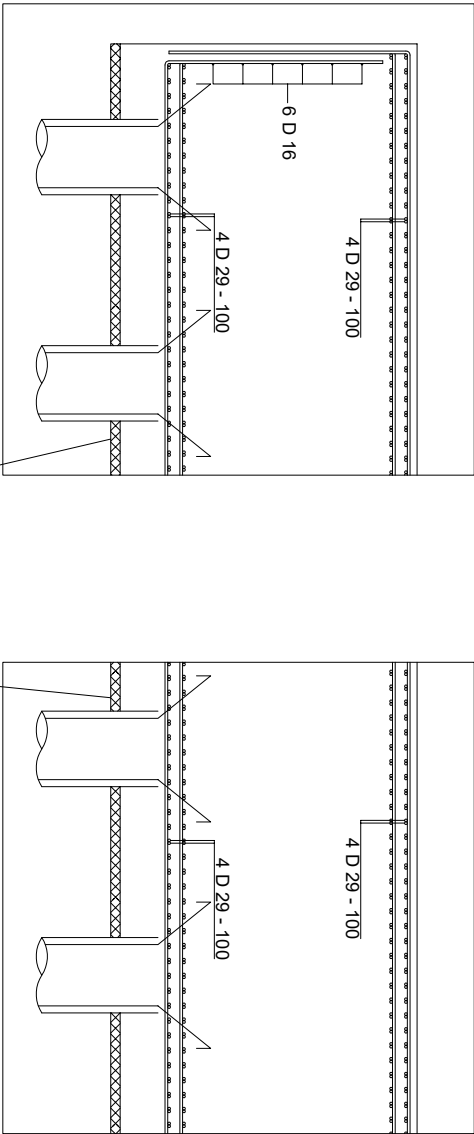


PROGRAM DIPLOMA IV
TEKNIK TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	SKALA
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA	Mohamad Khoirif, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001	Potongan Memanjang <i>Pile Cap</i> Pondasi Tiang Pancang D80	1 : 200 1 : 40
	MAHASISWA		
	Muhammad Qoniek Yafy B NRP. 3113041094		

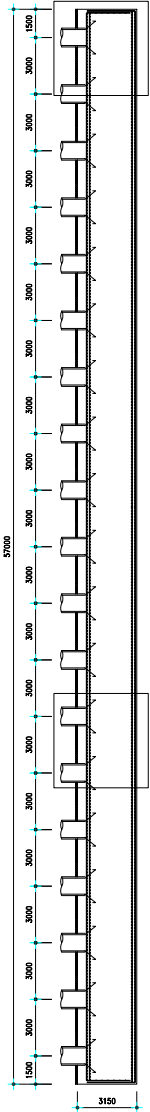


Potongan Memanjang *Pile Cap* Pondasi Tiang Bor D80
Skala 1 : 200



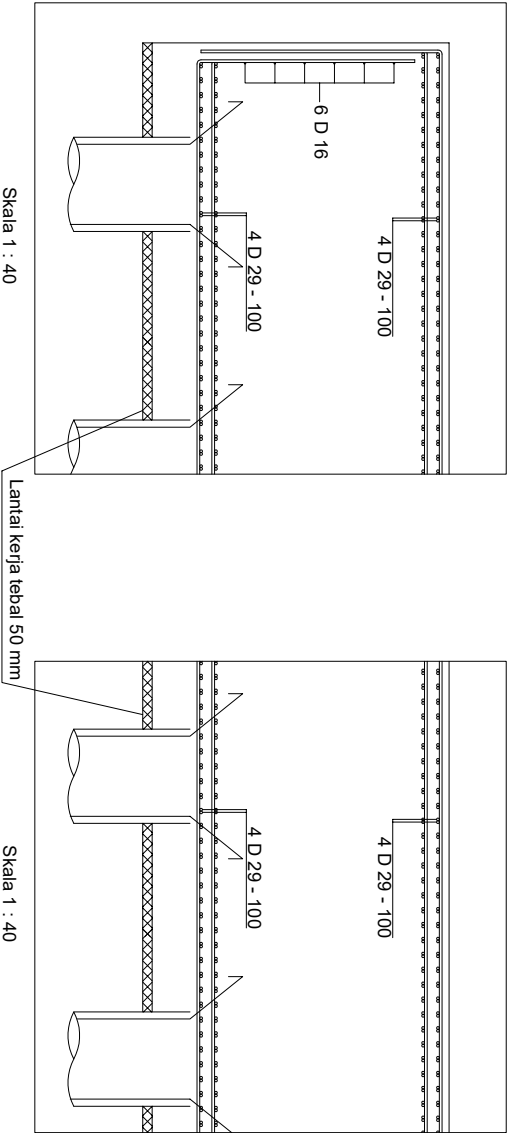
PROGRAM DIPLOMA IV
TEKNIK KONSERVASI BANGUNAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	SKALA
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBAANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA	Mohamad Khoir, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001	Potongan Memanjang <i>Pile Cap</i> Pondasi Tiang Bor D80	1 : 200 1 : 40
	MAHASISWA		
	Muhammad Qoniek Yafy B NRP. 3113041094		

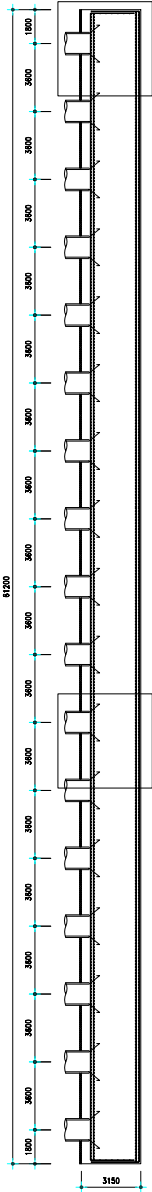


Potongan Memanjang *Pile Cap* Pondasi Tiang Bor D100

Skala 1 : 200

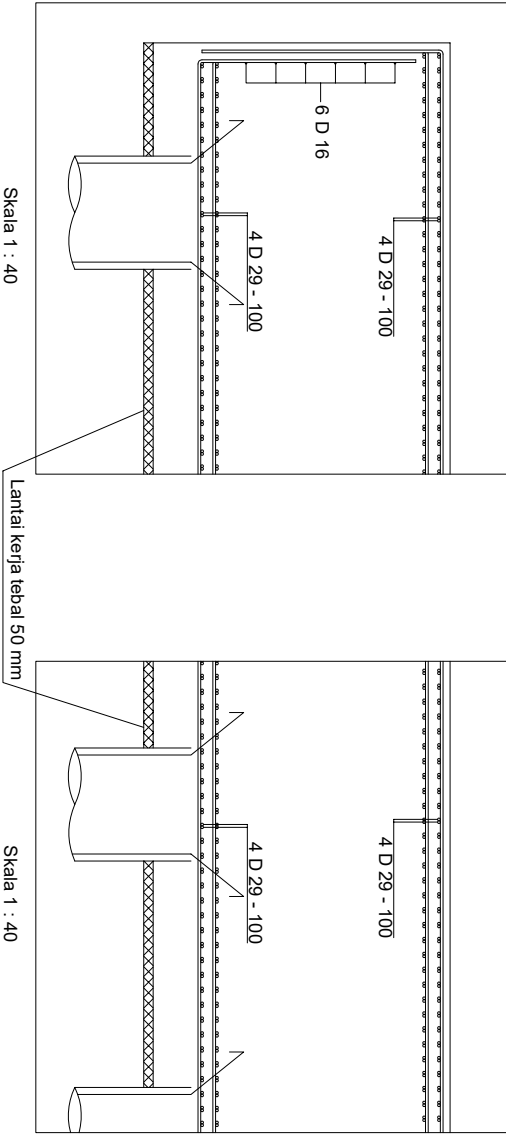


<div></div> <div>PROGRAM DIPLOMA IV DEPARTEMEN TEKNIK BANGUNAN FAKULTAS TEKNIK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</div>		JUDUL TUGAS		DOSEN PEMBIMBING		JUDUL GAMBAR		SKALA	
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA		Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001		MAHASISWA		Potongan Memanjang <i>Pile Cap</i> Pondasi Tiang Bor D100		1 : 200 1 : 40	
		Muhammad Qoniex Yafy B NIP. 3113041094							



Potongan Memanjang *Pile Cap* Pondasi Tiang Bor D120

Skala 1 : 200



<div>PROGRAM DIPLOMA IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS TEKNIK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</div>		JUDUL TUGAS		DOSEN PEMBIMBING		JUDUL GAMBAR		SKALA	
PERBANDINGAN DESAIN DAN PELAKSANAAN ANTARA PONDASI TIANG PANCAANG DAN PONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA				Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP. 19740626 200312 1 001		Potongan Memanjang <i>Pile Cap</i> Pondasi Tiang Bor D120		1 : 200 1 : 40	
				MAHASISWA					
		Muhammad Qoniex Yafy B NRP. 3113041094							

BIODATA PENULIS

Muhammad Qoniek Yafy Bidinella



Penulis dilahirkan di Kediri, 21 Februari 1994, merupakan anak kedua dari dua bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Guppi Puncu (2000), SD Islam Al-fath Pare (2007), MTs N 1 Pare (2010) dan SMA N 2 Pare (2013).

Pada tahun 2013 penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) dan diterima di Program Studi Diploma IV Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan melalui jalur reguler dan terdaftar dengan NRP. 3113 041 094. Penulis melaksanakan kerja praktek pada proyek pembangunan Apartemen Grand Sungkono Lagoon Surabaya. Selama di ITS penulis merupakan mahasiswa aktif Pra-LKMM TD. Penulis juga berorganisasi dan mengikuti pendidikan nonformal di UK Pramuka ITS.

Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi melalui email bidinella@gmail.com atau bidinella@yahoo.com .Silahkan kunjungi penulis di bidinella.blogspot.co.id dan bidinella.wordpress.com .

“Halaman ini sengaja dikosongkan”